



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl ungsschrift
⑩ DE 42 28 679 A 1

⑤1 Int. Cl. 5:
H 01 L 23/522
H 01 L 21/285
H 01 L 27/108
H 01 L 21/72

②1 Aktenz ich n: P 42 28 679.4
②2 Anmeldetag: 28. 8. 92
④3 Offenlegungstag: 11. 3. 93

DE 42 28 679 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
30.08.91 JP 3-220276 05.02.92 JP 4-20204

⑦1 Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

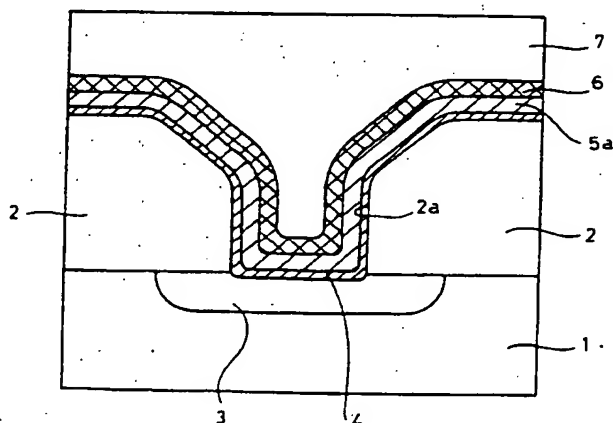
⑦4 Vertreter:
Prüfer, L., Dipl.-Phys.; Materne, J.,
Dipl.-Phys.Dr.rer.nat.habil., Pat.-Anwälte, 8000
München

⑦2 Erfinder:
Motonami, Kaoru, Itami, Hyogo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Kontaktstruktur und Verfahren zu deren Herstellung sowie Halbleiterspeichereinrichtung und Verfahren zu deren Herstellung

⑤7 Beschrieben wird eine Halbleitereinrichtung mit einer Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten, die zum wirksamen Verhindern des Wachsens einer Oxidschicht und der Diffusion von Dotanden zwischen einem Störstellendiffusionsgebiet (einer ersten leitenden Schicht) und einer polykristallinen Siliziumschicht (einer zweiten leitenden Schicht), die in Kontakt mit dem Störstellendiffusionsgebiet gebildet ist, in der Lage ist. Die Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten weist ein n-Störstellendiffusionsgebiet (3) in einem Siliziumsubstrat (1), einen in Kontakt mit dem n-Störstellendiffusionsgebiet (3) gebildeten nitridierten Oxidfilm (4) und eine auf dem nitridierten Oxidfilm (8) gebildete dotierte polykristalline Siliziumschicht (5a) auf. Damit kann das Wachsen einer Oxidschicht und die Diffusion von Dotierungsstoffen zwischen dem n-Störstellendiffusionsgebiet (3) und der polykristallinen Siliziumschicht (5a) auch dann wirksam verhindert werden, wenn in einem nachfolgenden Schritt eine Wärmebehandlung bei hoher Temperatur in einer Sauerstoffatmosphäre ausgeführt wird.



DE 42 28 679 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung und Verfahren zur Herstellung derselben, insbesondere auf eine Kontaktstruktur, die zwei leitende Schichten durch eine isolierende Schicht mit einer Öffnung hindurch in Kontakt bringt, und ein Verfahren zur Herstellung derselben, sowie auf eine Halbleiterspeichereinrichtung und ein Verfahren zu deren Herstellung.

Ein dynamischer Direktzugriffsspeicher (DRAM), der zur wahlfreien Eingabe/Ausgabe von Daten in der Lage ist, ist als Halbleitereinrichtung bekannt.

Fig. 23 ist eine Aufbau-Querschnittsdarstellung zum Beschreiben einer Kontaktstruktur für eine Verbindung in einem herkömmlichen DRAM. Wie Fig. 23 zeigt, enthält ein DRAM ein Siliziumsubstrat 41, dicke Trennoxidschichten 43, die um einen vorbestimmten Abstand voneinander getrennt auf einem Siliziumsubstrat 41 gebildet sind, n-Dotierungsdiffusionsgebiete 49, die im Siliziumsubstrat 41 zwischen den dicken Oxidschichten 43 gebildet sind, und jeweils eine Source/Drain eines MOS-Transistors bilden, n-Dotierungsdiffusionsgebiete 44, die benachbart zu den dicken Trennoxidschichten 43 gebildet sind, p-Dotierungsdiffusionsgebiete 42, die unter den jeweiligen Trennoxidschichten 43 gebildet sind, Zellplatten 46, die jeweils auf dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 44 mit einer dazwischengelegten Kondensator-Gateisolierschicht 45 gebildet sind, und Gateelektroden 48, die jeweils auf dem Siliziumsubstrat 41 zwischen benachbarten n-Dotierungsdiffusionsgebieten 49 mit einem dazwischengelegten Gateoxidfilm 47 gebildet sind. Der DRAM enthält weiter Isolationsoxidschichten 50, die so gebildet sind, daß sie die gesamte Oberfläche bedecken und ein Kontaktloch 50a auf einem der n-Dotierungsdiffusionsgebiete 49, die einen MOS-Transistor bilden, haben, eine polykristalline Siliziumschicht 51a, die so gebildet ist, daß sie die Isolationsoxidschichten 50 bedeckt und elektrisch mit dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 49 im Kontaktloch 50a verbunden ist, eine Refraktärmetallsilizidschicht 52, die auf der polykristallinen Siliziumschicht 51a gebildet ist, einen Zwischenschichtisolierfilm 53, der so gebildet ist, daß er die gesamte Oberfläche bedeckt, und Aluminium-Verbindungsschichten 54, die um einen vorbestimmten Abstand voneinander getrennt auf dem Zwischenschichtisolierfilm 53 gebildet sind.

Die polykristalline Siliziumschicht 51a ist mit Dotanden dotiert, um den Widerstand zu verringern. Die n-Störstellendiffusionsgebiete 44, die Kondensator-Gateisolierschichten 45 und die Zellplatte 46 bilden einen Kondensator zum Speichern einer elektrischen Ladung entsprechend einem Datensignal.

Die polykristalline Siliziumschicht 51 und die Refraktärmetallsilizidschicht 52 bilden eine Bitleitung.

Die Fig. 24 bis 28 sind Querschnittsdarstellungen zur Beschreibung eines Herstellungsverfahrens (eines ersten Schrittes bis eines fünften Schrittes) des in Fig. 23 dargestellten herkömmlichen DRAM. Fig. 29 ist eine Draufsicht des DRAM in dem in Fig. 25 dargestellten zweiten Schritt des Herstellungsverfahrens. Fig. 30 ist eine Draufsicht des DRAM in dem in Fig. 28 dargestellten fünften Schritt des Herstellungsverfahrens. Fig. 25 stellt einen Querschnitt längs der Linie X-X in Fig. 29 dar, und Fig. 28 stellt einen Querschnitt längs der Linie X-X in Fig. 30 dar.

Jetzt wird unter Bezugnahme auf die Fig. 23 bis 30 ein

Herstellungsverfahren für eine Kontaktstruktur zur Verbindung in einem herkömmlichen DRAM beschrieben.

Zuerst werden, wie in Fig. 24 dargestellt, p-Dotierungen selektiv in das p-Siliziumsubstrat 41 implantiert. Dann werden durch thermische Oxidation p-Dotierungsdiffusionsgebiete 42 zum Verhindern einer Inversion und eine dicke Trennoxidschicht 43 gebildet. n-Dotierungen werden durch ein Ionenimplantationsverfahren o. ä. in das Siliziumsubstrat 41 implantiert. n-Dotierungsdiffusionsgebiete 44 werden durch eine Wärmebehandlung gebildet. Eine dünne Kondensator-Gateisolierschicht 45 wird durch einen thermischen Oxidationsprozeß oder einen chemischen Gasphasenabscheidungsprozeß (CVD-Prozeß) gebildet. Eine polykristalline Siliziumschicht, die Dotierungen eines vorbestimmten Leitungstyps enthält, wird durch einen CVD-Prozeß o. ä. auf die Kondensator-Gateisolierschicht 45 abgeschieden. Die polykristalline Siliziumschicht wird durch eine photolithographische Technik selektiv entfernt, um eine Zellplatte 46 zu bilden. So wird ein Kondensator, der die n-Dotierungsdiffusionsgebiete 44, den Kondensator-Gateisolierfilm 45 und die Zellplatte 46 enthält, gebildet.

Ein Gateoxidfilm 47 wird auf dem p-Siliziumsubstrat 41 durch ein thermisches Oxidationsverfahren o. ä. gebildet. Eine einzelne Schicht aus polykristallinem Silizium oder ein Zweischichtfilm aus polykristallinem Silizium und Refraktärmetallsilizidschichten wird durch einen CVD-Prozeß o. ä. auf dem Gateoxidfilm 47 abgeschieden. Dieser Film wird durch ein photolithographisches Verfahren selektiv entfernt. Dies bewirkt, daß um einen vorbestimmten Abstand voneinander getrennt Gateelektroden 48 gebildet werden. Phosphorionen, die n-Dotanden sind, werden unter Verwendung der Gateelektrode 48 und der Zellplatte 45 als Maske in das Siliziumsubstrat 41 ionenimplantiert. n-Dotierungsdiffusionsschichten 49, die Source-/Drain-Gebiete eines MOS-Transistors werden sollen, werden durch Ausführen einer Wärmebehandlung gebildet. Zu dieser Zeit wird eines der n-Dotierungsdiffusionsgebiete 49 so gebildet, daß es mit dem in einem Kondensator enthaltenen n-Dotierungsdiffusionsgebiet 44 verbunden ist.

Als nächstes wird — wie in Fig. 25 dargestellt — eine Isolationsoxidschicht 50 auf der gesamten Oberfläche durch ein Niederdruck-CVD-Verfahren o. ä. abgeschieden. Die Isolationsoxidschicht 50 wird selektiv durch eine photolithographische Technik entfernt. Indem dies getan wird, werden Kontaktlöcher 50a gebildet. Genaue werden die Kontaktlöcher 50a durch Ausführen eines selektiven Ätzens durch isotropes Naßätzen und anisotropes reaktives Ionenätzen (RIE) unter Verwendung eines vorbestimmten Resistmusters, das auf der Isolationsoxidschicht 50 als eine Maske gebildet ist, gebildet. Die Anordnung der so gebildeten Kontaktlöcher 50a in der Ebene ist in Fig. 29 dargestellt.

Als nächstes wird — wie in Fig. 26 dargestellt — eine nicht mit Dotierungsstoffen dotierte polykristalline Siliziumschicht 51 auf der Oberfläche des n-Dotierungsdiffusionsgebietes 49 im Kontaktloch 50a und auf der Oberfläche der Isolationsoxidschicht 50 durch einen Niederdruck-CVD-Prozeß gebildet. Die polykristalline Siliziumschicht 51 wird so gebildet, daß sie eine Dicke von 1000 bis 1500 Å hat.

Als nächstes wird — wie in Fig. 27 dargestellt — Arsen (As), das ein n-Dotant ist, durch einen Ionenimplantationsprozeß in die durch den Pfeil 55 bezeichnete Richtung diffundiert, um den Widerstand der polykri-

stallinen Siliziumschicht 51 zu verringern.

Als nächstes wird — wie in Fig. 28 dargestellt — eine Refraktärmetallsilizidschicht 52 auf der mit Dotierungsstoffen dotierten polykristallinen Siliziumschicht 51a gebildet. Eine Bitleitung wird mit der polykristallinen Siliziumschicht 51a und der Refraktärmetallsilizidschicht 52 ausgeführt. Ein dicker Zwischenschichtisolierfilm 53 wird so gebildet, daß er die gesamte Oberfläche bedeckt. Die Anordnung der Bitleitungen in der Ebene in diesem Zustand ist in Fig. 30 dargestellt. Schließlich wird — wie in Fig. 23 dargestellt — eine Aluminiumschicht durch ein Sputterverfahren auf dem Zwischenschichtisolierfilm 53 gebildet. Die Aluminiumschicht wird durch ein photolithographisches Verfahren gemustert. Es werden Aluminium-Verbindungsschichten 54 als Hilfswortleitung in einer den Gateelektroden 49 als Wortleitungen entsprechenden Richtung gebildet. Wie oben beschrieben, hatte die herkömmliche Kontaktstruktur zum Anschluß eines DRAM ein n-Dotierungsdiffusionsgebiet 49 und eine eine Bitleitung bildende polykristalline Siliziumschicht 51a, die so gebildet sind, daß sie elektrisch durch das Kontaktloch 50a verbunden sind.

Bei der herkömmlichen Kontaktstruktur für eine Verbindung tauchte jedoch das nachfolgende beschriebene Problem auf. Die Fig. 31 bis 35 sind Querschnittsdarstellungen zur Beschreibung des Bildungsprozesses (eines ersten bis eines fünften Schrittes) der in Fig. 26 dargestellten polykristallinen Siliziumschicht. Fig. 36 ist eine typische Ansicht, die einen Querschnittsaufbau einer CVD-Apparatur zur Bildung der in Fig. 34 dargestellten polykristallinen Siliziumschicht zeigt.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 31 bis 36 wird das im herkömmlichen Falle auftretende Problem beschrieben.

Zuerst werden Einzelheiten eines Verfahrens zur Bildung der in Fig. 25 dargestellten polykristallinen Siliziumschicht beschrieben.

Wie in Fig. 31 dargestellt, wird in einer Isolationsoxidschicht 50 ein Kontaktloch 50a so gebildet, daß ein Oberflächenabschnitt 45a eines n-Dotierungsdiffusionsgebietes 49 freigelegt ist. Der freigelegte Oberflächenabschnitt 49a des n-Dotierungsdiffusionsgebietes 49 reagiert in der Luft mit Wasser (H_2O) oder Sauerstoff (O_2). Dies bewirkt, daß auf der Oberfläche des n-Dotierungsdiffusionsgebietes 49 — wie in Fig. 32 dargestellt — eine natürliche Oxidschicht 61 gebildet wird. Die Dicke der natürlichen Oxidschicht 61 ist etwa 10 Å.

In dem Falle, daß eine polykristalline Siliziumschicht durch einen CVD-Prozeß in einem in Fig. 32 dargestellten Zustand auf der Struktur abgeschieden wird, wird eine CVD-Apparatur, wie in Fig. 36 dargestellt, verwendet. Wie Fig. 36 zeigt, enthält eine CVD-Apparatur einen CVD-Ofen 71 und Heizer 72, die an der Peripherie des CVD-Ofens 71 angeordnet sind. Im Betrieb wird ein Wafer 73 in einem in Fig. 32 gezeigten Zustand durch eine Zuführungsvorrichtung in den CVD-Ofen 71 eingeschoben.

Wenn der Wafer 73 in einer herkömmlichen CVD-Apparatur mit einem solchen Aufbau in den CVD-Ofen 71 eingesetzt wird, gelangt zusammen mit dem Wafer 73 Luft von außen in den CVD-Ofen 71. Die von außen aufgenommene Luft enthält Sauerstoff O_2 . Zu dieser Zeit ist die Temperatur im CVD-Ofen 71 eine hohe Temperatur von mindestens 400°C. Daher bewirkt der in den CVD-Ofen gelangte Sauerstoff O_2 und die Atmosphäre mit hoher Temperatur ein weiteres Voranschreiten der Oxidation der Oberfläche des Wafers 73. Speziell die freigelegte Oberfläche des n-Dotierungsdiffu-

sionsgebietes 49 wird durch die natürliche Oxidschicht 61 hindurch weiter oxidiert. Im Ergebnis dessen wird auf der Oberfläche des n-Dotierungsdiffusionsgebietes 49 eine dicke Oxidschicht 62 — wie in Fig. 33 dargestellt — gebildet. Die Dicke der dicken Oxidschicht 62 ist etwa 20 bis 30 Å. Eine polykristalline Siliziumschicht 41 wird durch eine CVD-Apparatur — wie in Fig. 34 dargestellt — auf der Struktur in einem in Fig. 33 dargestellten Zustand gebildet. Dann wird — wie in Fig. 35 dargestellt — die polykristalline Siliziumschicht 51 (siehe Fig. 34) mit Dotierungsstoffen dotiert. Dadurch wird eine polykristalline Siliziumschicht 51a, die mit Störstellen dotiert ist, gebildet. Dann wird auf der polykristallinen Siliziumschicht 51a durch ein Sputterverfahren eine Refraktärmetallsilizidschicht 52 gebildet.

Es gab jedoch das Problem, daß es nicht möglich ist, einen befriedigenden ohmschen Kontakt zwischen dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 49 und der polykristallinen Siliziumschicht 51a bei der in Fig. 35 gezeigten Struktur zu erhalten, da die dicke Oxidschicht 62 dazwischenliegt. Nachfolgend wird ein ohmscher Kontakt beschrieben. Fig. 37 ist eine graphische Darstellung der Strom-/Spannungs-Charakteristik zur Beschreibung eines ohmschen Kontakts. Wie Fig. 37 zeigt, ist ein ohmscher Kontakt ein Kontakt, der es ermöglicht, eine Beziehung linearer Proportionalität zwischen Strom und Spannung zu erhalten. Ein Kontakt, der es nicht ermöglicht, eine solche Beziehung einer linearen Proportionalität zu erhalten, wird als ein nicht-ohmscher Kontakt bezeichnet. Bei einer Kontaktstruktur zur Verbindung — wie sie in Fig. 35 dargestellt ist — werden das n-Dotierungsdiffusionsgebiet 49 und die polykristalline Siliziumschicht 51a wegen der Existenz der dicken Oxidschicht 62 in einen nicht-ohmschen Kontaktzustand gebracht — wie in Fig. 37 dargestellt. Daher war es wegen der dicken Oxidschicht 62, die auf der Oberfläche des n-Dotierungsdiffusionsgebietes 49 bei der Gelegenheit des Einführens in eine CVD-Apparatur gebildet wird, schwierig, einen befriedigenden ohmschen Kontakt zwischen dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 49 und der polykristallinen Siliziumschicht 51a zu erhalten.

Verfahren zur Entwicklung einer natürlichen Oxidschicht in einem Vakuum und der Bildung einer polykristallinen Siliziumschicht im Vakuum durch einen CVD-Prozeß wurden bereits vorgeschlagen. Sie sind beispielsweise in "Paper presented at the 36th Annual Technical Meeting of the Institute of Environmental Sciences", S. 1 bis 6 beschrieben. Die Fig. 38 bis 41 sind Querschnittsdarstellungen zur Beschreibung eines vorgeschlagenen herkömmlichen Bildungsverfahrens (eines ersten Schrittes bis eines vierten Schrittes) einer polykristallinen Siliziumschicht unter Verwendung eines CVD-Verfahrens. Unter Bezugnahme auf die Fig. 38 bis 41 wird das vorgeschlagene Verfahren zur Bildung einer polykristallinen Siliziumschicht einfach beschrieben. Zuerst wird — wie in Fig. 38 dargestellt — die Oberfläche eines n-Dotierungsdiffusionsgebietes 83 auf einer Hauptoberfläche eines Siliziumsubstrates 81 durch ein Kontaktloch 82a, das in einer Isolationsoxidschicht 82 gebildet wird, freigelegt. Dann wird auf der Oberfläche des n-Dotierungsdiffusionsgebietes 83 auf die übliche Weise eine natürliche Oxidschicht 84 gebildet. Die natürliche Oxidschicht 84 wird durch Ätzen in einem Vakuum — wie in Fig. 39 dargestellt — entfernt. Dann wird — wie in Fig. 40 dargestellt — durch einen CVD-Prozeß im Vakuum eine polykristalline Siliziumschicht 85 gebildet. Damit wird entsprechend dem vorgeschlagenen Verfahren zwischen dem n-Dotierungs-

diffusionsgebiet 83 und der polykristallinen Siliziumschicht 85 keine Oxidschicht gebildet, wenn die polykristalline Siliziumschicht 85 durch einen CVD-Prozeß gebildet wird. Dann wird die polykristalline Siliziumschicht 85 (siehe Fig. 40) mit Dotierungsstoffen dotiert, und eine Silizidschicht 86 wird durch Sputtern — wie in Fig. 41 dargestellt — gebildet. Dann wird auf der gesamten Oberfläche ein Zwischenschichtisolierfilm 87 aus einer PSG- oder BPSG-Schicht o. ä. gebildet.

Bei Gelegenheit der Bildung des Zwischenschichtisolierfilms 87 wird ein "Reflow"-Prozeß, bei dem eine Bearbeitung in Sauerstoff, Wasserstoff und einer Atmosphäre hoher Temperatur ausgeführt wird, zum Eineben der Oberfläche des Zwischenschichtisolierfilmes 87 verwendet. Damit wird der Oberfläche des Siliziumsubstrates 81 Sauerstoff zugeführt, und eine Oxidschicht 88 wird an der Grenzfläche zwischen dem Siliziumsubstrat 81 und der Isolationsoxidschicht 82 gebildet. Wenn die Oxidation in der Oxidschicht 88 weiter fortschreitet, wird eine Oxidschicht auch auf der Grenzfläche zwischen dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 83 und der polykristallinen Siliziumschicht 85a gebildet. Im Ergebnis dessen taucht das Problem auf, daß es schwierig ist, einen befriedigenden ohmschen Kontakt zwischen dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 83 und der dotierten polykristallinen Siliziumschicht 85a zu erhalten. Außerdem gibt es das Problem, daß eine Hochtemperaturbearbeitung aus Anlaß der Bildung des Zwischenschichtisolierfilmes 87 bewirkt, daß die Dotierungsstoffe, mit denen die dotierte polykristalline Siliziumschicht 85a dotiert ist, in die n-Dotierungsdiffusionsgebiete 83 diffundieren. Wenn Dotierungsstoffe so aus der dotierten polykristallinen Siliziumschicht 85a in das n-Dotierungsdiffusionsgebiet 83 diffundieren, gibt es das Problem, daß die Dotierungskonzentration des n-Dotierungsdiffusionsgebietes 83 sich ändert. Die Veränderung der Dotierungsstoffe im n-Dotierungsdiffusionsgebiet 83 wirft verschiedene Probleme in dem Falle auf, daß die Elemente entsprechend der fortschreitenden Integration der Halbleitereinrichtung miniaturisiert werden. Speziell in dem Fall, daß das n-Störstellendiffusionsgebiet 83 ein Source-/Drain-Gebiet eines MOS-Transistors ist, hat die Diffusion von Dotanden aus der stöstellendotierten polykristallinen Siliziumschicht 85a zur Folge, daß der Abstand zwischen ihr und dem benachbarten anderen Source-/Drain-Gebiet gering wird. Im Ergebnis dessen ist auch das Problem zu beachten, daß tendenziell ein Einschnürungs-Durchbruch ("punch through") auftritt.

Jetzt wird ein Fall betrachtet, bei dem eine Bitleitung in einem DRAM mit nur einer Silizidschicht ausgeführt wird.

Die Fig. 42 bis 46 sind Querschnittsdarstellungen zur Beschreibung eines herkömmlichen Verfahrens (eines ersten Schrittes bis eines fünften Schrittes) zur Bildung einer Silizidschicht durch Sputtern. Unter Bezugnahme auf die Fig. 42 bis 46 wird vereinfacht ein Verfahren zur Bildung einer Silizidschicht als Bitleitung durch ein Sputterverfahren beschrieben. Zuerst wird — wie in Fig. 42 dargestellt — in einem vorbestimmten Gebiet auf der Oberfläche des Siliziumsubstrates 91 ein n-Dotierungsdiffusionsgebiet 93 gebildet. Eine Isolationsoxidschicht 92 wird so gebildet, daß auf einem Oberflächenteil 93a des n-Dotierungsdiffusionsgebietes 93 ein Kontaktloch 92a angeordnet ist. In einem Zustand, in dem der Oberflächenabschnitt 92a des n-Dotierungsdiffusionsgebietes 93 damit freigelegt ist, reagiert der Oberflächenabschnitt 93a mit Wasser oder Sauerstoff in der Luft. Dies bewirkt die Bildung einer natürlichen

Oxidschicht 94 — wie in Fig. 43 dargestellt. Wie in Fig. 44 dargestellt, wird die natürliche Oxidschicht 94 durch Sputterätzen entfernt. Nachfolgend wird durch Sputtern eine Silizidschicht 95 gebildet. In dem Falle, daß ein Sputterverfahren wie dieses verwendet wird, wird an der Grenzfläche zwischen der Silizidschicht 95 und dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 94 keine Oxidschicht gebildet.

Wenn jedoch auf der Silizidschicht 95 — wie in Fig. 46 dargestellt — ein Zwischenschichtisolierfilm 96, etwa eine PSG-Schicht gebildet wird, taucht dasselbe Problem auf wie bei dem oben unter Bezugnahme auf Fig. 41 beschriebenen Fall. Speziell bewirkt eine Behandlung bei hoher Temperatur in einer Sauerstoff- und Wasserstoffatmosphäre aus Anlaß der Bildung des Zwischenschichtisolierfilmes 96, daß auf der Grenzfläche zwischen der Silizidschicht 95 und dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 93 eine Oxidschicht 97 gebildet wird. Es gab das Problem, daß dies es unmöglich macht, einen befriedigenden ohmschen Kontakt zu erhalten. Außerdem gab es das Problem, daß eine Behandlung bei hoher Temperatur aus Anlaß der Bildung des Zwischenschichtisolierfilmes 96 die Störstellen im n-Dotierungsdiffusionsgebiet 93 veranlaßt, in die Silizidschicht 95 zu diffundieren. Wenn Dotierungsstoffe im n-Störstellendiffusionsgebiet 93 in die Silizidschicht 95 diffundieren, wird die Dotandenkonzentration des n-Dotierungsdiffusionsgebietes 93 verringert. Damit gab es das Problem, daß der Widerstand des Kontakts zwischen der Silizidschicht 95 und dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 93 erhöht wird.

Wie oben beschrieben, war es bisher schwierig, einen befriedigenden ohmschen Kontakt in einer Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung zu erhalten, und es war schwierig, effektiv eine Konzentrationsänderung eines Dotierungsdiffusionsgebietes zu verhindern.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Kontaktstruktur und ein Verfahren zu deren Herstellung anzugeben, die einen befriedigenden ohmschen Kontakt zwischen einer ersten leitenden Schicht und einer zweiten leitenden Schicht in einer Halbleitereinrichtung gewährleisten und eine Änderung in der Dotandenkonzentration der ersten leitenden Schicht wirksam verhindern. Es ist weiter Aufgabe der Erfindung, eine Halbleitereinrichtung, die eine entsprechende Kontaktstruktur aufweist, sowie ein Verfahren zu deren Herstellung anzugeben.

Zur Lösung dieser Aufgabe soll insbesondere das Wachsen einer Oxidschicht an der Grenzfläche zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht, die durch eine Verbindung miteinander in Kontakt gebracht werden, sowie die Diffusion von Dotierungsstoffen zwischen der ersten und der zweiten leitenden Schicht bei einem Wärmebehandlungsschritt verhindert werden. Auch soll insbesondere wirksam verhindert werden, daß auf der Oberfläche der ersten leitenden Schicht durch von außen zugeführten Sauerstoff in dem Falle, daß in einer herkömmlichen CVD-Apparatur eine zweite leitende Schicht gebildet wird, eine dicke Oxidschicht entsteht. Entsprechend einem Aspekt der Erfindung enthält eine Halbleitereinrichtung eine erste leitende Schicht, eine zweite leitende Schicht, die elektrisch in Kontakt mit der ersten leitenden Schicht steht, und eine zwischen die erste leitende Schicht und die zweite leitende Schicht gelegte nitridierte Oxidschicht, die eine Dicke aufweist, die für das Fließen eines Tunnelstroms zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht ausreicht.

Da die nitridierte Oxidschicht mit einer Dicke, die für das Fließen eines Tunnelstroms ausreicht, zwischen die erste leitende Schicht und die zweite leitende Schicht gelegt ist, wird die Bildung einer dicken Oxidschicht zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht wirksam verhindert. Außerdem verhindert die nitridierte Oxidschicht, daß Dotierungsstoffe in der ersten leitenden Schicht und Dotierungsstoffe in der zweiten leitenden Schicht wechselseitig diffundieren.

Entsprechend einem weiteren Aspekt der Erfindung enthält eine Halbleitereinrichtung eine erste leitende Schicht, eine auf der ersten leitenden Schicht gebildete Isolierschicht mit einer Öffnung, die so gebildet ist, daß der Kontaktabschnitt der ersten leitenden Schicht freigelegt ist, eine auf der Isolierschicht so gebildete zweite leitende Schicht, daß mindestens die Öffnung gefüllt ist, und eine zwischen die erste leitende Schicht und die zweite leitende Schicht in der Öffnung gelegte dünne Schicht, die aus einem Material gebildet ist, das eine Dicke hat, die ausreicht, um das Wandern von Störstellen zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht zu unterdrücken sowie ohmschen Kontakt zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht herzustellen.

Die zweite leitende Schicht wird so gebildet, daß sie die Öffnung in der Isolierschicht, die auf der ersten leitenden Schicht gebildet ist, ausfüllt, und die dünne Schicht, die aus Material mit einer Dicke gebildet ist, die ausreichend ist, um das Wandern von Störstellen zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht zu verhindern und einen ohmschen Kontakt zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht herzustellen, wird zwischen die erste leitende Schicht und die zweite leitende Schicht in der Öffnung gelegt, so daß Dotierungsstoffe in der ersten leitenden Schicht und Dotierungsstoffe in der zweiten leitenden Schicht wirksam daran gehindert werden, in die jeweils andere Schicht zu diffundieren. Ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung, die eine erste leitende Schicht und eine zweite leitende Schicht in Kontakt miteinander aufweist, das die Schritte des Bildens einer natürlichen Oxidschicht auf der ersten leitenden Schicht, des Ausführens einer vorbestimmten Bearbeitung der natürlichen Oxidschicht zur Bildung einer bearbeiteten Oxidschicht mit einer Dicke, die ausreicht, um das Wandern von Störstellen zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht zu verhindern und einen ohmschen Kontakt zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht herzustellen, und des Bildens der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht in Kontakt miteinander durch die bearbeitete Oxidschicht aufweist.

Die natürliche Oxidschicht wird auf der ersten leitenden Schicht gebildet, die natürliche Oxidschicht wird bearbeitet, um eine bearbeitete Oxidschicht zu ergeben, deren Dicke ausreicht, um Störstellen daran zu hindern, von der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht herauszudiffundieren, sowie einen ohmschen Kontakt zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht herzustellen, und die erste leitende Schicht und die zweite leitende Schicht werden in Kontakt miteinander durch die bearbeitete Oxidschicht gebildet, so daß Störstellen auch dann wirksam daran gehindert werden, zwischen der ersten leitenden

Schicht und der zweiten leitenden Schicht zu diffundieren, wenn in einem späteren Verfahren eine Wärmebehandlung ausgeführt wird. Außerdem wird, wenn eine nitridierte Oxidschicht als bearbeitete Oxidschicht verwendet wird, das Wachsen einer Oxidschicht zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht auch in dem Fall effektiv verhindert, wenn in einem späteren Verfahren eine Wärmebehandlung in einer Sauerstoffatmosphäre ausgeführt wird.

Entsprechend einem weiteren Aspekt der Erfindung enthält eine Halbleitereinrichtung eine erste leitende Schicht, eine zweite leitende Schicht, die mit der ersten leitenden Schicht in Kontakt steht, und eine in einem Kontaktabschnitt zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht gebildete, Stickstoff enthaltende Schicht.

Da die Stickstoffatome enthaltende Schicht im Kontaktabschnitt zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht gebildet ist, wird auch in dem Falle, daß auf der die Stickstoffatome enthaltenden Schicht durch eine herkömmlichen CVD-Apparatur eine polykristalline Siliziumschicht gebildet wird, eine durch von außen in diese Apparatur gelangten Sauerstoff bewirkte Oxidation wirksam verhindert.

Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung mit einem Aufbau, bei dem eine erste leitende Schicht und eine zweite leitende Schicht in Kontakt miteinander sind, das den Schritt des Bildens einer natürlichen Oxidschicht auf einer ersten leitenden Schicht, den Schritt des Nitrierens der natürlichen Oxidschicht zur Bildung einer nitridierten Oxidschicht, den Schritt des Entfernens der nitridierten Oxidschicht und den Schritt des Bildens einer zweiten leitenden Schicht aufweist.

Da die auf der ersten leitenden Schicht gebildete natürliche Oxidschicht nitridiert wird, um eine nitridierte Oxidschicht zu bilden, und da die zweite leitende Schicht nach Entfernung der nitridierten Oxidschicht gebildet wird, ist eine Stickstoff enthaltende Schicht in einem Kontaktabschnitt zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht gelegt, und eine Oxidation an der Grenzfläche zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht in einem späteren Verfahren wird unterdrückt.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Erläuterung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren.

Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung einer Kontaktstruktur zur Verbindung in einem DRAM nach einer Ausführungsform,

Fig. 2 eine Querschnittsdarstellung, der Kontaktstruktur zur Verbindung nach Fig. 1,

Fig. 3 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines Dotierungsprofils der in Fig. 2 dargestellten Kontaktstruktur zum Verbinden,

Fig. 4 eine graphische Darstellung, die ein Dotierungsprofil längs der Linie X-X in Fig. 3 darstellt,

Fig. 5 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines ersten Schrittes eines Herstellungsverfahrens der in Fig. 2 dargestellten Kontaktstruktur zum Verbinden,

Fig. 6 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines zweiten Schrittes des Herstellungsverfahrens der in Fig. 2 dargestellten Kontaktstruktur zum Verbinden,

Fig. 7 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines dritten Schrittes des Herstellungsverfahrens für die in Fig. 2 dargestellte Kontaktstruktur zum Verbinden.

den,

Fig. 8 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines vierten Schrittes des Herstellungsverfahrens der in Fig. 2 dargestellten Kontaktstruktur zum Verbinden,

Fig. 9 eine typische Ansicht einer Lampentemperaturapparatur zur Bildung einer nitridierten Oxidschicht,

Fig. 10 eine graphische Darstellung zur Beschreibung der Oxidationsbeständigkeit einer nitridierten Oxidschicht,

Fig. 11 eine Querschnittsdarstellung, die eine Kontaktstruktur zum Verbinden entsprechend einer zweiten Ausführungsform zeigt,

Fig. 12 eine Querschnittsdarstellung, die eine Kontaktstruktur zum Verbinden entsprechend einer dritten Ausführungsform darstellt,

Fig. 13 eine Querschnittsdarstellung, die eine Kontaktstruktur zum Verbinden entsprechend einer vierten Ausführungsform darstellt,

Fig. 14 eine Querschnittsdarstellung, die eine Kontaktstruktur zum Verbinden in einem DRAM entsprechend einer fünften Ausführungsform darstellt,

Fig. 15 eine Querschnittsdarstellung, die eine Kontaktstruktur zum Verbinden entsprechend einer sechsten Ausführungsform darstellt,

Fig. 16 eine Darstellung, die die Anordnung der Atome in einem Teil A der Kontaktstruktur zum Verbinden nach Fig. 15 darstellt,

Fig. 17 eine Querschnittsdarstellung zur Erklärung eines ersten Schrittes eines Herstellungsverfahrens für die in Fig. 15 gezeigte Kontaktstruktur zum Verbinden,

Fig. 18 eine Querschnittsdarstellung zur Erklärung eines zweiten Schrittes des Herstellungsverfahrens für die in Fig. 15 gezeigte Kontaktstruktur zum Verbinden,

Fig. 19 eine Querschnittsdarstellung zur Erklärung eines dritten Schrittes des Herstellungsverfahrens für die in Fig. 15 gezeigte Kontaktstruktur zum Verbinden,

Fig. 20 eine Querschnittsdarstellung zur Erklärung eines vierten Schrittes des Herstellungsverfahrens für die in Fig. 15 gezeigte Kontaktstruktur zum Verbinden,

Fig. 21 eine charakteristische graphische Darstellung, mit der das herkömmliche Verfahren und ein Verfahren entsprechend der sechsten Ausführungsform hinsichtlich der Beziehung zwischen der Kontaktfläche und dem Mittelwert des Kontaktwiderstandes miteinander verglichen werden,

Fig. 22 eine charakteristische graphische Darstellung, in der das herkömmliche Verfahren und das Verfahren entsprechend der sechsten Ausführungsform der Erfindung hinsichtlich der Beziehung zwischen der Kontaktfläche und der Varianz des Kontaktwiderstandes verglichen werden,

Fig. 23 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung einer Kontaktstruktur zum Verbinden in einem herkömmlichen DRAM,

Fig. 24 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines ersten Schrittes des Verfahrens zur Herstellung des in Fig. 23 dargestellten herkömmlichen DRAM,

Fig. 25 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines zweiten Schrittes des Herstellungsverfahrens des in Fig. 23 dargestellten herkömmlichen DRAM,

Fig. 26 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines dritten Schrittes des Herstellungsverfahrens des in Fig. 23 dargestellten herkömmlichen DRAM,

Fig. 27 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines vierten Schrittes des Herstellungsverfahrens für den in Fig. 23 dargestellten herkömmlichen DRAM,

Fig. 28 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines fünften Schrittes des Herstellungsverfahrens für den in Fig. 23 dargestellten herkömmlichen DRAM,

Fig. 29 eine Draufsicht des DRAM im zweiten Schritt des Herstellungsverfahrens, wie er in Fig. 25 dargestellt ist,

Fig. 30 eine Draufsicht des DRAM im fünften Schritt des Herstellungsverfahrens, wie er in Fig. 28 dargestellt ist,

Fig. 31 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines ersten Schrittes des Verfahrens zur Bildung der polykristallinen Siliziumschicht, wie sie in Fig. 26 dargestellt ist,

Fig. 32 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines zweiten Schrittes des Verfahrens zur Bildung der polykristallinen Siliziumschicht, wie sie in Fig. 26 dargestellt ist,

Fig. 33 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines dritten Schrittes des Verfahrens zur Bildung der polykristallinen Siliziumschicht, wie sie in Fig. 26 dargestellt ist,

Fig. 34 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines vierten Schrittes des Verfahrens zur Bildung der polykristallinen Siliziumschicht, wie sie in Fig. 26 dargestellt ist,

Fig. 35 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines fünften Schrittes des Verfahrens zur Bildung der polykristallinen Siliziumschicht, wie sie in Fig. 26 dargestellt ist,

Fig. 36 eine Prinzipdarstellung, die den Aufbau einer CVD-Apparatur zur Bildung der in Fig. 34 dargestellten polykristallinen Siliziumschicht im Querschnitt zeigt,

Fig. 37 eine graphische Darstellung der Strom-/Spannungs-Charakteristik zur Beschreibung eines ohmschen Kontakts,

Fig. 38 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines ersten Schrittes eines Verfahrens zur Bildung einer polykristallinen Siliziumschicht unter Anwendung eines CVD-Prozesses,

Fig. 39 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines zweiten Schrittes des Verfahrens zur Bildung einer polykristallinen Siliziumschicht unter Anwendung eines CVD-Verfahrens,

Fig. 40 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines dritten Schrittes des Verfahrens zur Bildung einer polykristallinen Siliziumschicht unter Anwendung eines CVD-Verfahrens,

Fig. 41 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines vierten Schrittes des herkömmlichen Verfahrens zur Bildung einer polykristallinen Siliziumschicht unter Anwendung eines CVD-Verfahrens,

Fig. 42 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines ersten Schrittes des Verfahrens zur Herstellung einer Silizidschicht mittels Sputtern,

Fig. 43 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines zweiten Schrittes des herkömmlichen Verfahrens zur Bildung einer Silizidschicht mittels Sputtern,

Fig. 44 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines dritten Schrittes des herkömmlichen Verfahrens zur Bildung einer Silizidschicht mittels Sputtern,

Fig. 45 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines vierten Schrittes des herkömmlichen Verfahrens zur Bildung einer Silizidschicht mittels Sputtern,

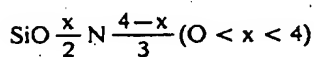
Fig. 46 eine Querschnittsdarstellung zur Beschreibung eines fünften Schrittes des herkömmlichen Verfahrens zur Bildung einer Silizidschicht mittels Sputtern.

Ein DRAM entsprechend einer Ausführungsform enthält — wie Fig. 1 zeigt — ein Siliziumsubstrat 1, eine

auf dem Siliziumsubstrat 1 gebildete dicke Trennoxidschicht 112, von der zwei Abschnitte gezeigt sind, die einen vorbestimmten Abstand voneinander haben, im Siliziumsubstrat 1 zwischen den dicken Trennoxidschichten 112 zur Bildung von Source-/Drain-Gebieten von MOS-Transistoren gebildete n-Dotierungsdiffusionsgebiete 3, benachbart zu den dicken Trennoxidschichten 112 gebildete n-Dotierungsdiffusionsgebiete 113, unterhalb der Trennoxidschichten 112 gebildete p-Störstellendiffusionsgebiete 111, auf den n-Dotierungsdiffusionsgebieten 113 mit Kondensator-"Gate"-Isolierfilmen 110 dazwischen gebildete Zellplatten 115, Gateelektroden 118, die jeweils auf dem Siliziumsubstrat 1 zwischen zwei benachbarten n-Dotierungsdiffusionsgebieten 3 mit einem dazwischenliegenden Gateoxidfilm 116 gebildet sind, eine Isolationsoxidschicht 2, die so gebildet ist, daß sie die gesamte Oberfläche bedeckt und auf einem der n-Dotierungsdiffusionsgebiete 3, die in einem MOS-Transistor enthalten sind, ein Kontaktloch 2a hat, eine nitridierte Oxidschicht 4, die so gebildet ist, daß sie die Isolationsoxidschicht 2 und im Kontaktloch 2a das n-Dotierungsdiffusionsgebiet 3 bedeckt, eine polykristalline Siliziumschicht 5a, die auf der nitridierten Oxidschicht 4 so gebildet ist, daß sie elektrisch in Kontakt mit dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 3 im Kontaktloch 2a steht und sich auf die Isolationsoxidschicht 2 erstreckt, eine Refraktärmetallsilizidschicht 6, die auf der polykristallinen Siliziumschicht 5a gebildet ist, einen Zwischenschichtisolierfilm 7, der so gebildet ist, daß er die gesamte Oberfläche bedeckt, und Aluminium-Verbindungsschichten 119, die auf dem Zwischenschichtisolierfilm 7 mit einem vorbestimmten Abstand voneinander gebildet sind.

Als nächstes werden unter Bezugnahme auf Fig. 2 Einzelheiten eines Bitleitungs-Kontaktabschnittes beschrieben. Die polykristalline Siliziumschicht 5a ist mit Dotanden dotiert, und der Zwischenschichtisolierfilm 7 ist aus einer PSG-Schicht o. ä. gebildet.

Die Zusammensetzung der nitridierten Oxidschicht 4 wird durch die folgende chemische Formel dargestellt:



Die nitridierte Oxidschicht hat eine Dicke von höchstens 20 Å.

Wie oben beschrieben, ist bei dieser Ausführungsform ein nitridierter Oxidfilm 4 mit ausgezeichneter Oxidationsbeständigkeit zwischen das n-Dotierungsdiffusionsgebiet 3 und die mit Dotanden dotierte polykristalline Siliziumschicht 5a gelegt. Dementsprechend ist auch möglich, effektiv zu verhindern, daß durch Sauerstoff aus der Umgebungsluft eine Oxidation verursacht wird, wenn die polykristalline Siliziumschicht 5 unter Verwendung einer herkömmlichen CVD-Apparatur auf einem nitridierten Oxidfilm 4 gebildet wird. Außerdem ist es möglich, wirksam die Bildung einer dicken Oxidschicht zwischen dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 3 und der polykristallinen Siliziumschicht 5a infolge der Einwirkung einer hohen Temperatur in einer Sauerstoffatmosphäre anlässlich der Bildung des Zwischenschichtisolierfilmes 7 zu verhindern. Im Ergebnis dessen ist es möglich, einen befriedigenden ohmschen Kontakt zwischen dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 3 und der polykristallinen Siliziumschicht 5a zu erhalten. Speziell wird ein befriedigender ohmscher Kontakt zwischen dem n-Störstellendiffusionsgebiet 3 und der polykristallinen Siliziumschicht 5a durch einen in der nitridierten

Oxidschicht 4 fließenden Tunnelstrom erreicht. Zudem verhindert der nitridierte Oxidfilm 4 wirksam die Diffusion von Dotierungsstoffen in der polykristallinen Siliziumschicht 5a in das n-Dotierungsgebiet 3 infolge eines Wärmebehandlungsschrittes anlässlich der Bildung des Zwischenschichtisolierfilmes 7.

Wie Fig. 3 zeigt, enthält die Struktur eine obere Schicht aus phosphordotiertem polykristallinen Silizium (polykristallinem Silizium, das mit Phosphor dotiert ist), eine untere Schicht aus einem p-Siliziumsubstrat und eine mittlere Schicht aus einem nitridierten Oxidfilm oder einem Oxidfilm (SiO_2). Eine Wärmebehandlung wird bei einer Temperatur von 90°C für zehn Minuten ausgeführt, und dann wird das Dotierungsprofil gemessen. Wie Fig. 4 zeigt, ist in dem Falle, daß die mittlere Schicht eine nitridierte Oxidschicht ist, die Dotierungskonzentration an der Grenzfläche zwischen dem phosphordotierten Silizium und dem Si-Substrat abrupt verringert. Dies bedeutet, daß es durch Anwendung der nitridierten Oxidschicht möglich ist, wirksam zu verhindern, daß Phosphor aus dem phosphordotierten Polysilizium in das Si-Substrat diffundiert. Andererseits ist zu erkennen, daß in dem Falle, daß die mittlere Schicht eine Siliziumoxidschicht ist, die Dotierungskonzentration als Funktion der Tiefe im Si-Substrat langsam absinkt. Dies bedeutet, daß es durch Anwendung des Siliziumoxidfils nicht möglich ist, Phosphor in phosphordotiertem polykristallinem Silizium wirksam am Eindiffundieren in das Si-Substrat zu hindern.

Wie oben beschrieben, ist es auch möglich, eine Diffusion des Phosphors aus dem phosphordotierten polykristallinen Silizium wirksam zu verhindern, wenn im nachfolgenden Prozeß eine Wärmebehandlung ausgeführt wird, indem die zwischen das Si-Substrat und das phosphordotierte polykristalline Silizium gelegte nitridierte Oxidschicht vorgesehen wird.

Unter Bezugnahme auf Fig. 2 und die Fig. 5 bis 9 wird ein Herstellungsverfahren einer Kontaktstruktur für eine Verbindung entsprechend dieser Ausführungsform beschrieben.

Zuerst wird, wie in Fig. 5 dargestellt, in einem vorbestimmten Gebiet auf einer Hauptoberfläche eines Siliziumsubstrates 1 ein n-Dotierungsdiffusionsgebiet 3 gebildet. Ein Isolationsoxidfilm 2 wird auf der gesamten Oberfläche des Siliziumsubstrates 1 ausgebildet. Ein Kontaktloch 2a wird in einem Gebiet im Isolationsoxidfilm 2 auf einem Oberflächenteil 3a im n-Dotierungsdiffusionsgebiet 3 gebildet. Wie in Fig. 6 dargestellt, wird auf dem Oberflächenteil 3a, der durch Bildung des Kontaktloches 2a freigelegt wird, eine natürliche Oxidschicht 8 gebildet. Die natürliche Oxidschicht 8 wird unter den Bedingungen einer normalen Temperatur und eines normalen Druckes so gebildet, daß sie eine Dicke von 10 Å hat.

Als nächstes wird — wie in Fig. 7 dargestellt — die natürliche Oxidschicht 8 (siehe Fig. 6) mit hoher Geschwindigkeit thermisch nitridiert, um einen nitridierten Oxidfilm 4 zu bilden.

Jetzt wird unter Bezugnahme auf Fig. 9 eine Lampentemperapparat zur Bildung des nitridierten Oxidfilmes 4 beschrieben. Eine Lampentemperapparat enthält ein Reaktionsgefäß 101, an der Peripherie des Reaktionsgefäßes 101 angeordnete Halogenlampen 102 zum Aufheizen des Reaktionsgefäßes, einen im Reaktionsgefäß 101 angeordneten Aufnehmer 104 zum Darau-Anordnen eines Wafers 103, einen Verschußdeckel 105 zum Verschließen des Reaktionsgefäßes, einen Druckverminderung-Absaugstutzen 106 zum Verrin-

gern des Druckes in Reaktionsgefäß 101 und einen Reaktionsgasstutzen 107 zum Einleiten von Reaktionsgas in das Reaktionsgefäß 101. Im Betrieb wird der Wafer 103 auf die Aufnehmer 104 gebracht. Dann wird das Reaktionsgefäß 101 mit dem Verschußdeckel 105 verschlossen. Der Druck im Reaktionsgefäß 101 wird über den Druckverminderungs-Absaugstutzen 106 verringert. Reaktionsgas wird über den Reaktionsgasstutzen 107 eingeleitet, so daß das Reaktionsgas in das Reaktionsgefäß 101 fließt. Der Wafer 103 wird durch die Halogenlampen 102 erwärmt, während das Reaktionsgas ins Reaktionsgefäß 101 einströmt. Dies bewirkt, daß die Oberfläche des Wafers 103 und das Reaktionsgas reagieren. Zu diesem Zeitpunkt ist das Reaktionsgas Ammoniak (NH_3), die Reaktionstemperatur ist mindestens 700°C , und die Reaktionszeit ist mindestens 30 sec.

Ein Verfahren, bei dem eine natürliche Oxidschicht durch Ausführung einer Wärmebehandlung in einer Ammoniak (NH_3)-Atmosphäre vor der Bildung einer polykristallinen Siliziumschicht durch ein CVD-Verfahren nitridiert wird, kann als ein Verfahren zur Herstellung eines nitridierten Oxidfilms außer dem eine Lampentemperaturnutzen benutzenden, oben beschriebenen Verfahren angewandt werden.

Dann wird — wie in Fig. 8 dargestellt — eine polykristalline Siliziumschicht 5 auf dem nitridierten Oxidfilm 4 durch einen CVD-Prozeß gebildet.

Jetzt wird dem Fall Beachtung geschenkt, daß die in Fig. 28 dargestellte herkömmliche CVD-Apparatur bei der Bildung der polykristallinen Siliziumschicht 5 verwendet wird. Der Wafer in dem in Fig. 7 dargestellten Zustand wird in die in Fig. 28 dargestellte CVD-Apparatur hineingebracht. Dabei wird zur selben Zeit, zu der der Wafer in die CVD-Apparatur gebracht wird, Sauerstoff O_2 aus der Umgebungsluft der Apparatur zugeführt. Jedoch hat die nitridierte Oxidschicht 4, die in Fig. 7 dargestellt ist, eine ausgezeichnete Oxidationsbeständigkeit, so daß eine Oxidationsreaktion auch dann nicht fortschreitet, wenn in der Sauerstoffatmosphäre in der CVD-Apparatur eine Wärmebehandlung bei einer hohen Temperatur ausgeführt wird. Speziell ist es auch möglich, die Bildung einer Oxidschicht auf der Oberfläche des nitridierten Oxidfilms 4 und auf der Grenzfläche zwischen dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 3 und dem nitridierten Oxidfilm 4 in dem Fall wirksam zu verhindern, daß die polykristalline Siliziumschicht 5 unter Verwendung einer herkömmlichen CVD-Apparatur gebildet wird.

Nachfolgend wird die Oxidationsbeständigkeit des nitridierten Oxidfilms 4 erläutert. Wie Fig. 10 zeigt, ist die Oxidationszeit auf der Abszisse angegeben, und die Dicke der Oxidschicht ist auf der Ordinate aufgetragen, unter der Bedingung, daß die Oxidationstemperatur 1100°C ist. Es ist zu erkennen, daß die Widerstandsfähigkeit gegenüber Oxidation in dem Falle, daß eine nitridierte Oxidschicht vorhanden ist, im Vergleich zu dem Fall, daß es keine nitridierte Oxidschicht gibt, merklich verbessert ist.

Wie in Fig. 8 dargestellt, wird, nachdem die polykristalline Siliziumschicht 5 auf dem nitridierten Oxidfilm 4 gebildet wurde, die polykristalline Siliziumschicht abschließend mit Dotanden (Phosphor) dotiert, wie in Fig. 2 dargestellt ist. Eine Refraktärmetallsilizidschicht 6 wird auf der dotierten polykristallinen Siliziumschicht 5a durch einen Sputterprozeß gebildet. Es ist zu beachten, daß MoSi_2 , WSi_2 , TiSi_2 , TaSi_2 o. ä. als Material für die Refraktärmetallsilizidschicht 6 verwendet werden können. Nachdem die Refraktärmetallsilizidschicht 6

gebildet ist, wird auf der gesamten Oberfläche ein Zwischenschichtisoliertfilm 7 aus einer PSG-Schicht o. a. gebildet. Eine Wärmebehandlung bei einer hohen Temperatur wird bei der Bildung des Zwischenschichtisoliertfilmes 7 in einer Sauerstoff- und Wasserstoffatmosphäre ausgeführt. Jedoch wird das Wachsen einer Oxidschicht zwischen der polykristallinen Siliziumschicht 5a und dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 3 im Ergebnis der Wärmebehandlung in einer Sauerstoffatmosphäre bei der Bildung des Zwischenschichtisoliertfilmes 4 durch die Existenz des nitridierten Oxidfilms 4 wirksam verhindert. Außerdem wird durch den nitridierten Oxidfilm 4 wirksam verhindert, daß Dotierungsstoffe in der polykristallinen Siliziumschicht 5a bei der Wärmebehandlung bei hoher Temperatur zur Bildung des Zwischenschichtisoliertfilmes 7 in das n-Dotierungsdiffusionsgebiet 3 diffundieren.

Unter Bezugnahme auf Fig. 11 wird in einem zweiten Ausführungsbeispiel ein Fall dargestellt, daß eine Bitleitung in einem DRAM mit nur einer Refraktärmetallsilizidschicht ausgeführt wird.

Wie Fig. 11 zeigt, weist die Kontaktstruktur zum Verbinden entsprechend der zweiten Ausführungsform ein Siliziumsubstrat 11, ein n-Störstellendiffusionsgebiet 13, das in einem vorbestimmten Gebiet in der Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates 11 gebildet ist, eine Isolationsoxidschicht 12, die auf der gesamten Oberfläche des Siliziumsubstrates 11 gebildet ist und ein Kontaktloch 12a auf dem n-Störstellendiffusionsgebiet 13 hat, eine nitridierte Oxidschicht 14, die so gebildet ist, daß sie im Kontaktloch 12a in Kontakt mit den n-Störstellendiffusionsgebiet 13 steht und sich auf die Isolationsoxidschicht 12 erstreckt, eine Refraktärmetallsilizidschicht 15, die auf der nitridierten Oxidschicht 14 gebildet ist, und einen Zwischenschichtisoliertfilm 16, der auf der Refraktärmetallsilizidschicht 15 gebildet ist, auf.

Es ist auch möglich, den gleichen Effekt wie bei der ersten Ausführungsform durch die zweite Ausführungsform mit einer solchen Struktur zu erreichen. Speziell ist es möglich, effektiv das Wachsen einer Oxidschicht und die Diffusion von Verunreinigungsatomen zwischen dem n-Störstellendiffusionsgebiet 13 und der Refraktärmetallsilizidschicht 15 infolge eines Wärmebehandlungsschrittes in einer Sauerstoffatmosphäre bei der Bildung des Zwischenschichtisoliertfilmes 16 zu verhindern, in dem die nitridierte Oxidschicht 14 vorhanden ist.

Wie Fig. 12 zeigt, ist auf einem Siliziumsubstrat 21 bei einer dritten Ausführungsform der Erfindung ein Isolationsoxidfilm 22 gebildet, und eine untere Verbindungsschicht 23 ist so gebildet, daß sie durch die Isolationsoxidschicht 22 umgeben ist. Ein Kontaktloch 22a ist in einem vorbestimmten Gebiet in der Isolationsoxidschicht 22 auf der unteren Verbindungsschicht 23 gebildet. Ein nitridierter Oxidfilm 24 ist so gebildet, daß er in Kontakt mit der Oberfläche der unteren Verbindungsschicht 23 im Kontaktloch 22a steht und sich auf die Isolationsoxidschicht 22 erstreckt. Eine obere Verbindungsschicht 25 ist auf dem nitridierten Oxidfilm 24 gebildet. Ein Zwischenschichtisoliertfilm 26 ist auf der oberen Verbindungsschicht 25 gebildet. Die untere Verbindungsschicht 23 ist aus polykristallinem Silizium o. ä. gebildet. Die Bildung des Kontaktlochs 22a bewirkt die Bildung eines natürlichen Oxidfilms auf der Oberfläche der unteren Verbindungsschicht 23. Der nitridierte Oxidfilm 24 wird durch thermisches Nitridieren des natürlichen Oxidfilms mit hoher Geschwindigkeit durch eine Lampentemperaturnutzen gebildet. Wie oben beschrieben, ist es möglich, daß Wachsen einer Oxid-

schicht und die Diffusion von Dotierungsatomen zwischen der unteren Verbindungsschicht 23 und der oberen Verbindungsschicht 25 durch Herstellung eines nitridierten Oxidfilmes 24 zwischen der unteren Verbindungsschicht 23 und der oberen Verbindungsschicht 25 wirksam zu verhindern.

Wie Fig. 13 zeigt, ist entsprechend einer vierten Ausführungsform der Erfindung in einem vorbestimmten Gebiet auf einer Hauptoberfläche eines Siliziumsubstrates 31 ein n-Dotierungsdiffusionsgebiet 33 gebildet. Eine Isolationsoxidschicht 32 ist auf dem Siliziumsubstrat 31 gebildet. Die Isolationsoxidschicht 32 hat ein Kontaktloch 32a auf den n-Dotierungsdiffusionsgebiet 33. Eine nitridierte Oxidschicht 34 ist im Kontaktloch 32a so gebildet, daß sie in Kontakt mit dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 33 steht. Eine untere Verbindungsschicht 35, die eine mit Dotierungsstoffen dotierte polykristalline Siliziumschicht o. ä. aufweist, ist auf der nitridierten Oxidschicht 34 gebildet. Die Isolationsoxidschicht 32 hat weiter ein Kontaktloch 32b auf der unteren Verbindungsschicht 35. Eine nitridierte Oxidschicht 36 ist im Kontaktloch 32b so gebildet, daß sie in Kontakt mit der unteren Verbindungsschicht 35 steht und sich auf die Isolationsoxidschicht 32 erstreckt. Eine obere Verbindungsschicht 37 ist auf der nitridierten Oxidschicht 36 gebildet. Ein Zwischenschichtisolerfilm 38 ist auf der oberen Verbindungsschicht 37 gebildet. Eine solche Kontaktstruktur zum Verbinden wird in einem Fall verwendet, wo die untere Verbindungsschicht 35 als Anschlußfläche in einer Bitleitung z. B. eines DRAM verwendet wird. Es ist möglich, die Kontakttiefe des Kontaktloches 32b durch Verwendung einer solchen Struktur zu verringern. Dies macht es auch möglich, das Kontaktloch 32b bei einem hohen Integrationsgrad leicht zu bilden.

Wie Fig. 14 zeigt, enthält ein DRAM nach einer fünften Ausführungsform ein Siliziumsubstrat 201, eine Trennoxidschicht 202, die in einem vorbestimmten Gebiet auf der Oberfläche des Siliziumsubstrates 201 gebildet ist, ein p-Dotierungsdiffusionsgebiet 205, das unterhalb der Trennoxidschicht 202 gebildet ist, n-Dotierungsdiffusionsgebiete 203, die benachbart zur Trennoxidschicht 202 gebildet sind, n-Dotierungsdiffusionsgebiete 204, die getrennt in einem vorbestimmten Abstand vom n-Dotierungsdiffusionsgebiet 203 gebildet sind, Gateelektroden 207, die jeweils auf dem Siliziumsubstrat 201 zwischen den n-Dotierungsdiffusionsgebieten 203 und 204 über einem Gateoxidfilm 206 gebildet sind, eine polykristalline Siliziumschicht 208, die elektrisch mit den n-Dotierungsdiffusionsgebieten 204 verbunden ist, eine Refraktärmetallsilizidschicht 209, die auf der polykristallinen Siliziumschicht 208 gebildet ist, nitridierte Oxidfilme 210, die jeweils so gebildet sind, daß sie in Kontakt mit dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 203 stehen und sich auf die Gateelektrode 207 erstrecken, einen Speicherknoten 211, der auf der nitridierten Oxidschicht 210 gebildet und elektrisch mit den n-Dotierungsdiffusionsgebieten 203 verbunden ist, eine Zellenplatte 212, die auf dem Speicherknoten 211 über einem dielektrischen Film (nicht gezeigt) gebildet ist, einen Zwischenschichtisolerfilm 213, der so gebildet ist, daß er die Zellenplatte 212 bedeckt, einen Zwischenschichtisolerfilm 214, der auf der gesamten Oberfläche so gebildet ist, daß er eine Refraktärmetallsilizidschicht 209 bedeckt und Aluminium-Verbindungsstreifen 215, die auf dem Zwischenschichtisolerfilm 214 mit einem vorbestimmten Abstand voneinander gebildet sind. Ein MOS-Transistor wird durch die n-Dotierungsdiffusionsgebiete

te 203 und 204 und die Gateelektrode 207 gebildet. Eine Bitleitung wird durch die polykristalline Siliziumschicht 208 und die Refraktärmetallsilizidschicht 209 gebildet. Ein Stapelkondensator wird durch den Speicherknoten 211, die (nicht gezeigte) dielektrische Schicht und die Zellenplatte 212 gebildet.

Wie oben beschrieben, wird bei dieser Ausführungsform der nitridierte Oxidfilm 210 zwischen den in einem Stapelkondensator enthaltenen Speicherknoten 211 und das elektrisch mit dem Speicherknoten 211 verbundene n-Dotierungsdiffusionsgebiet 203 gelegt. Durch einen solchen Aufbau können die folgenden Effekte erreicht werden.

Um den Widerstand des Speicherknotens 211 zu verringern und den Wirkungsgrad der Nutzung des Speicherknotens 211 als eine Elektrode zu erhöhen, wird als Speicherknoten 211 mit Dotierungsstoffen dotiertes polykristallines Silizium (dotiertes polykristallines Silizium) verwendet. In einem solchen Falle ist die Dotandenkonzentration des Speicherknotens 211 normalerweise auf dem Niveau von $10^{20} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$, und die Dotandenkonzentration des unterhalb des Speicherknotens 211 angeordneten n-Dotierungsdiffusionsgebietes 203 ist im Bereich von $10^{17} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ bis $10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$. Üblicherweise hat dieser Konzentrationsunterschied den Nachteil zur Folge, daß Dotierungsstoffe im Speicherknoten 211 zum n-Dotierungsdiffusionsgebiet 203 hinwandern. Dies wirkt das Problem auf, daß das Dotierungsprofil eines MOS-Transistors verändert wird, was die Charakteristiken des MOS-Transistors verschlechtert. Weiterhin gibt es den Nachteil, daß Dotanden vom Speicherknoten 211 wegdiffundieren und das p-Dotierungsdiffusionsgebiet 205 zum Trennen der Elemente erreichen und das Dotierungsprofil des p-Dotierungsdiffusionsgebietes 205 verändern. Im Ergebnis dessen gibt es das Problem, daß die Leistungsfähigkeit der Elemententrennung auch verschlechtert wird.

Um die erwähnten Probleme zu lösen, ist entsprechend der fünften Ausführungsform der nitridierte Oxidfilm 210 zwischen den Speicherknoten 211 und das n-Dotierungsdiffusionsgebiet 203 gelegt. Damit ist es möglich, Dotanden im Speicherknoten 211 wirksam daran zu hindern, in das n-Dotierungsdiffusionsgebiet 201 oder das p-Dotierungsdiffusionsgebiet 205 zu wandern. Im Ergebnis dessen ist es möglich, die oben beschriebenen Nachteile zu vermeiden.

Wie oben beschrieben, wird durch Nitridieren eines natürlichen Oxidfilmes, der auf einer unteren Verbindungsschicht (auf einer ersten leitenden Schicht) gebildet ist, nachdem das Kontaktloch geöffnet wurde, bei jeder der oben genannten Ausführungsformen eine nitridierte Oxidschicht gebildet. Dies ermöglicht es auch, wirksam zu verhindern, daß durch Sauerstoff in der Umgebungsluft, die in dem Falle, daß auf dem nitridierten Oxidfilm unter Anwendung einer herkömmlichen CVD-Apparatur eine obere Verbindungsschicht gebildet wird, in die Apparatur gelangt, eine Oxidation verursacht wird. Es ist auch möglich, wirksam das Wachsen einer Oxidschicht und die Diffusion von Dotanden zwischen der oberen Verbindungsschicht und der unteren Verbindungsschicht in dem Falle zu verhindern, daß im nachfolgenden Prozeß eine Wärmebehandlung bei hoher Temperatur ausgeführt wird.

Oggleich bei diesem Ausführungsbeispiel ein Fall beschrieben wurde, daß ein Dotierungsdiffusionsgebiet vom n-Typ eine polykristalline Siliziumschicht vom n-Typ ist, ist die Erfindung darauf nicht beschränkt, und es ist möglich, daß das Dotierungsdiffusionsgebiet vom

p-Typ und die polykristalline Siliziumschicht vom p-Typ ist. Die Erfindung ist auch auf einen Fall anwendbar, bei dem die Leitungstypen eines Störstellendiffusionsgebietes und einer polykristallinen Siliziumschicht unterschiedlich sind. Insbesondere ist es möglich, daß das Störstellendiffusionsgebiet vom n-Typ und die polykristalline Siliziumschicht vom p-Typ ist, und es ist auch möglich, daß das Störstellendiffusionsgebiet vom p-Typ und die polykristalline Siliziumschicht vom n-Typ ist. Weiterhin ist — obwohl im Ausführungsbeispiel ein Beispiel für die Anwendung unter Verwendung eines nitridierten Oxidfilms gegeben wurde — die Erfindung nicht darauf beschränkt, und andere Materialien können verwendet werden, wenn sie einen ohmschen Kontakt bilden und die Diffusion von Dotanden verhindern.

Wie die Fig. 15 und 16 zeigen, enthält eine Kontaktstruktur zum Verbinden entsprechend einer sechsten Ausführungsform ein Siliziumsubstrat 301, ein n-Störstellendiffusionsgebiet 303, das in einem vorbestimmten Gebiet auf einer Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates 301 gebildet ist, eine Isolationsoxidschicht 302, die auf der gesamten Oberfläche des Siliziumsubstrates 301 gebildet ist und ein Kontaktloch 302a auf den n-Störstellendiffusionsgebiet 303 hat, und eine polykristalline Siliziumschicht 304, die so gebildet ist, daß sie in Kontakt mit dem n-Störstellendiffusionsgebiet 303 im Kontaktloch 302a steht und sich auf die Isolationsoxidschicht 302 erstreckt. Bei der Kontaktstruktur zum Verbinden entsprechend der sechsten Ausführungsform sind Stickstoffatome N an die Siliziumatome Si im Siliziumsubstrat 301 gebunden, die im Kontaktabschnitt 303b zwischen dem n-Dotierungsgebiet 303 und der polykristallinen Siliziumschicht 304 gelegen sind. Es ist möglich, mit den Stickstoffatomen N wirksam eine durch aus der Umgebungsluft stammenden Sauerstoff bewirkte Oxidation zu verhindern, wenn die polykristalline Siliziumschicht 304 mit einer herkömmlichen CVD-Apparatur erzeugt wird. Die Wasserstoffatome H, die an das Stickstoffatom N gebunden werden, sind dieselben wie die Wasserstoffatome, die auf der Oberfläche eines normalen Siliziumsubstrates an den Siliziumatomen Si "hängen".

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf die Fig. 15 bis 20 ein Herstellungsverfahren der Kontaktstruktur zum Verbinden entsprechend der sechsten Ausführungsform beschrieben.

Zuerst wird — wie in Fig. 17 dargestellt — ein n-Dotierungsdiffusionsgebiet 303 in einem vorbestimmten Gebiet in der Oberfläche des Siliziumsubstrates 301 gebildet. Eine Isolationsoxidschicht 302 wird auf der gesamten Oberfläche des Siliziumsubstrates 301 gebildet. Ein Kontaktloch 302a wird in einem Gebiet der Isolationsoxidschicht 302 gebildet, das auf dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 303 gelegen ist. Die atomare Anordnung in der Substratoberfläche 303a ist dieselbe wie diejenige der Oberfläche eines normalen Siliziumsubstrates, in dem Wasserstoffatome H an Siliziumatome Si gebunden sind, die in der Nähe der Substratoberfläche 303a angeordnet sind. Wenn die Substratoberfläche 303a durch das Kontaktloch 302a freigelegt wird, wird auf diesem Teil — wie in Fig. 18 dargestellt — ein natürlicher Oxidfilm 305 gebildet. Dieser natürliche Oxidfilm 305 wird mit einer Dicke von etwa 10 Å bei Normaltemperatur und Normaldruck gebildet. Die Atomanordnung im Grenzgebiet 303b zwischen dem natürlichen Oxidfilm 305 und dem n-Dotierungsdiffusionsgebiet 303 hat jetzt die in Fig. 18 gezeigte Struktur.

Insbesondere sind Sauerstoffatome O an Siliziumato-

me Si gebunden, die in der Nähe des Grenzgebietes 303 liegen, und Siliziumatome Si sind an die Sauerstoffatome O gebunden. Diese Struktur wird beispielsweise in NIKKEI-MICRODEVICES 1991, 2, S. 56 bis 88 beschrieben.

Dann wird — wie in Fig. 19 dargestellt — der natürliche Oxidfilm 305 mit hoher Geschwindigkeit thermisch nitridiert, um einen nitridierten Oxidfilm 306 zu bilden.

Dann wird — wie in Fig. 20 dargestellt — der gebildete nitridierte Oxidfilm 306 unter Verwendung von z. B. einer HF-Lösung und hochreinem Wasser entfernt. Jetzt ist die Atomanordnung im Grenzgebiet 303b in diesem Zustand einer Anordnung, bei der Stickstoffatome N in der Nähe des Grenzgebietes 303b an die Siliziumatome Si gebunden sind, und Wasserstoffatome H sind an die Stickstoffatome gebunden. Insbesondere ist die Struktur derart, daß Stickstoffatome N in Art einer Schicht angeordnet sind. Eine polykristalline Siliziumschicht 304 wird auf dem Grenzgebiet 303b in diesem Zustand unter Verwendung einer herkömmlichen CVD-Apparatur — wie in Fig. 15 dargestellt — gebildet. Jetzt wird, wenn die polykristalline Siliziumschicht 304 mit einer herkömmlichen CVD-Apparatur gebildet wird, wie im Falle eines herkömmlichen Verfahrens durch in die Apparatur gelangten Sauerstoff eine Oxidation bewirkt. Jedoch wird, da im Grenzgebiet 303b eine Stickstoffatome N enthaltende Schicht gebildet wird, Sauerstoff O wirksam daran gehindert, an Siliziumatome Si im Siliziumsubstrat 301 gebunden zu werden. Der Grund, warum es möglich ist, ein Eindringen von Sauerstoff O bei dieser Ausführungsform durch die Stickstoffatome N zu verhindern, ist der, daß die Bindungsenergie im Vergleich zur herkömmlichen Struktur, bei der Wasserstoffatome H an Siliziumatome Si gebunden sind, durch Dazwischenlagern von Stickstoffatomen N zwischen die Wasserstoffatome H und die Siliziumatome Si und Anbinden der Stickstoffatome N an die Wasserstoffatome H und die Siliziumatome Si erhöht wird. Speziell ist beim sechsten Ausführungsbeispiel, während die Bindungsenergie von Wasserstoffatomen H und Siliziumatomen Si 71 kcal/mol bei der herkömmlichen Struktur der atomaren Anordnung ist, die Bindungsenergie 180 kcal/mol, entsprechend der Summe der Bindungsenergie von 75 kcal/mol von Wasserstoffatomen H und Stickstoffatomen N und der Bindungsenergie von 105 kcal/mol von Stickstoffatomen N und Siliziumatomen Si. Die Sauerstoffatome O benötigen für ein Eindringen bei diesem Ausführungsbeispiel eine die Bindungsenergie von 180 kcal/mol übersteigende Energie. Damit ist es bei diesem Ausführungsbeispiel möglich, gegenüber dem Fall eines herkömmlichen Verfahrens das Eindringen von Sauerstoffatomen O wirksam zu verhindern. Damit wird die Erzeugung eines natürlichen Oxidfilmes gehemmt. Im Ergebnis dessen kann die Varianz des Kontaktwiderstandes klein gemacht werden, und der Kontaktwiderstand kann verringert werden.

Fig. 21 ist eine charakteristische graphische Darstellung, in der das herkömmliche Verfahren und das Verfahren entsprechend dem sechsten Ausführungsbeispiel im Hinblick auf die Beziehung zwischen der Kontaktfläche und dem Mittelwert des Kontaktwiderstandes miteinander verglichen werden. Fig. 22 ist eine charakteristische graphische Darstellung, in der das herkömmliche Verfahren und das Verfahren entsprechend dem sechsten Ausführungsbeispiel im Hinblick auf die Beziehung zwischen der Kontaktfläche und der Varianz des Kontaktwiderstandes miteinander verglichen werden. Wie die Fig. 21 und 22 zeigen, ist die Kontaktfläche S (μm^2)

auf der Abszisse aufgetragen, und der Mittelwert oder die Varianz (Ω) des Kontaktwiderstandes sind auf der Ordinate aufgetragen. Wie Fig. 21 zeigt, erhöht sich der Mittelwert des Kontaktwiderstandes, wenn die Kontaktfläche kleiner wird. Beim herkömmlichen Herstellungsverfahren wird zwischen einer polykristallinen Siliziumschicht und einem mit der polykristallinen Siliziumschicht verbundenen Störstellengebiet infolge der durch in eine CVD-Apparatur gelangten Sauerstoff bei einer Temperatur von 400°C bis 700°C bewirkten Oxidation eine dicke Oxidschicht gebildet, wenn die polykristalline Siliziumschicht durch einen CVD-Prozeß hergestellt wird. Im Ergebnis dessen wird der Kontaktwiderstand erhöht. Diese Tendenz wird umso bedeutsamer, je kleiner die Kontaktfläche wird. Daher ist bei einem herkömmlichen Verfahren der Anstieg des Kontaktwiderstandes mit abnehmender Kontaktfläche S steil. Andererseits kann bei dem Verfahren nach dem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung, das den Schritt des Entfernes des oben beschriebenen nitridierten Oxidfilmes enthält, die Anwesenheit einer Stickstoffatome N enthaltenden Schicht die durch in die Apparatur gelangten Sauerstoff und die Wärme in der CVD-Apparatur bewirkte, oben beschriebene Oxidation unterdrücken. Entsprechend dem sechsten Ausführungsbeispiel ist es daher möglich, den Kontaktwiderstand im Vergleich zu einem herkömmlichen Verfahren zu verringern. Außerdem ist es möglich, den Anstieg des Mittelwertes des Kontaktwiderstandes mit der Verringerung der Kontaktfläche S gegenüber einem herkömmlichen Verfahren zu verringern.

Wie Fig. 221 zeigt, gibt es bezüglich der Varianz des Kontaktwiderstandes Einflüsse der Dicke eines durch das herkömmliche Verfahren gebildeten Oxidfilmes, wobei aus dem Grund, daß die während der Bildung einer polykristallinen Siliziumschicht in die CVD-Apparatur gelangte Sauerstoffmenge schwankt o. ä., Schwankungen in der Dicke des Oxidfilmes. Die Schwankungen werden besonders bedeutsam, wenn die Kontaktfläche kleiner wird. Bei einem herkömmlichen Verfahren ist der Gradient des Anstieges der Varianz des Kontaktwiderstandes entsprechend der Verringerung der Kontaktfläche S hoch. Entsprechend der sechsten Ausführungsform wird andererseits die oben beschriebene Oxidation, die durch den in die CVD-Apparatur gelangten Sauerstoff und die hohen Temperaturen bewirkt wird, durch an die Siliziumatome Si auf der Oberfläche des Siliziumsubstrates gebundenen Stickstoffatome N unterdrückt, so daß die Dicke eines gebildeten Oxidfilmes und die Schwankungen in der Dicke auch kleiner werden. Dementsprechend ist es auch möglich, den Gradienten des Anstieges der Varianz des Kontaktwiderstandes mit der Verringerung der Kontaktfläche S zu verkleinern.

Wie oben beschrieben, wird bei einer Halbleitereinrichtung entsprechend einer Ausführungsform der Erfindung ein nitridierter Oxidfilm mit einer Dicke, die zum Fließen eines Tunnelstromes ausreicht, zwischen eine erste leitende Schicht und eine zweite leitende Schicht gelegt, so daß die Bildung einer dicken Oxidschicht zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht wirksam verhindert wird. Im Ergebnis dessen ist es möglich, einen befriedigenden ohmschen Kontakt zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht zu erhalten. Außerdem hindert der nitridierte Oxidfilm Dotierungsatome in der ersten leitenden Schicht und Dotierungsatome in der zweiten leitenden Schicht daran, in die

jeweils andere Schicht zu diffundieren, so daß es möglich ist, wirksam Änderungen in der Störstellenkonzentration in der ersten leitenden Schicht zu verhindern.

Bei einer Halbleitereinrichtung nach einem anderen Aspekt der Erfindung ist auf einer ersten leitenden Schicht eine Isolierschicht so gebildet, daß sie einen Kontaktabschnitt der ersten leitenden Schicht freiläßt, eine zweite leitende Schicht ist so gebildet, daß sie mindestens die Öffnung ausfüllt, und ein dünner Film aus einem Material mit hinreichender Dicke, um das Wandern von Dotierungsatomen zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht zu verhindern und einen ohmschen Kontakt zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht herzustellen, ist in der Öffnung zwischen die erste leitende Schicht und die zweite leitende Schicht gelegt, so daß Dotierungsatome in der ersten leitenden Schicht und Dotierungsatome in der zweiten leitenden Schicht wirksam daran gehindert werden, in die jeweils andere Schicht zu diffundieren, womit es möglich wird, Änderungen in der Störstellenkonzentration in der ersten leitenden Schicht wirksam zu verhindern.

Bei einem Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung entsprechend der Erfindung wird auf einer ersten leitenden Schicht ein natürlicher Oxidfilm gebildet, der natürliche Oxidfilm wird bearbeitet, um einen bearbeiteten Oxidfilm mit einer hinreichenden Dicke zu erhalten, um das Wandern von Dotierungsstoffen zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht zu verhindern und einen ohmschen Kontakt zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht zu bilden, und die zweite leitende Schicht wird in einem über den bearbeiteten Oxidfilm vermittelten Kontakt der ersten leitenden Schicht gebildet, so daß es möglich ist, wirksam die Diffusion von Dotierungsstoffen zwischen der ersten und zweiten leitenden Schicht in einem späteren Wärmebehandlungsprozeß zu verhindern. Außerdem ist es, wenn als bearbeiteter Oxidfilm ein nitridierter Oxidfilm verwendet wird, möglich, wirksam das Wachsen einer Oxidschicht zwischen der ersten leitenden Schicht und der zweiten leitenden Schicht auch dann zu verhindern, wenn in einem späteren Verfahren ein Wärmebehandlungsschritt in einer Sauerstoffatmosphäre ausgeführt wird.

Bei einer Halbleitereinrichtung nach einem weiteren Aspekt der Erfindung wird in einem Kontaktabschnitt zwischen einer ersten leitenden Schicht und einer zweiten leitenden Schicht eine Stickstoffatome enthaltende Schicht gebildet, womit es möglich wird, eine durch in eine CVD-Apparatur gelangten Sauerstoff und/oder eine Wärmebehandlung bewirkte Oxidation während der Bildung der zweiten leitenden Schicht durch die Stickstoffatome enthaltende Schicht zu unterdrücken.

Bei einem Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung nach einem weiteren Aspekt wird ein natürlicher Oxidfilm, der auf einer ersten leitenden Schicht gebildet ist, nitridiert, um einen nitridierten Oxidfilm zu bilden, der nitridierte Oxidfilm wird entfernt, und eine zweite leitende Schicht wird gebildet, so daß auf der Oberfläche der ersten leitenden Schicht, von der der nitridierte Oxidfilm entfernt wurde, eine Stickstoffatome enthaltende Schicht ausgebildet wurde. Damit ist es möglich, durch die Stickstoffatome enthaltende Schicht eine Oxidation in einem späteren Verfahrensschritt zu verhindern.

Patentansprüche

1. Halbleitereinrichtung mit einer ersten und einer zweiten leitenden Schicht (3, 5a), die über einen nitridierten Oxidfilm (4) mit hinreichender Dicke, um durch ihn hindurch das Fließen eines Tunnelstromes zu ermöglichen, in Kontakt miteinander stehen.
2. Halbleitereinrichtung mit, einer ersten leitenden Schicht (3), einer Isolierschicht (2) auf der ersten leitenden Schicht (3) mit einer Kontaktöffnung (2a), in der ein Kontaktabschnitt der ersten leitenden Schicht (3) freigelegt ist, einer zweiten leitenden Schicht (5a) auf der Isolierschicht (2), die mindestens einen Teil der Kontaktöffnung (2a) ausfüllt, einer dünnen Schicht (4) eines Materials, das das Wandern von Dotierungsatomen zwischen der ersten und der zweiten leitenden Schicht innerhalb der Kontaktöffnung (2a) unterdrückt, wobei das Material eine hinreichende Dicke aufweist, um einen ohmschen Kontakt zwischen der ersten und der zweiten leitenden Schicht (3, 5a) herzustellen.
3. Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung mit, einer ersten leitenden Schicht (3), einer Isolierschicht (2), die auf der ersten leitenden Schicht (3) gebildet ist und eine Öffnung (2a) auf der ersten leitenden Schicht (3) hat, einem nitridierten Oxidfilm (4), der so gebildet ist, daß er mit der ersten leitenden Schicht (3) mindestens in der Öffnung (2a) in Kontakt steht, und einer zweiten leitenden Schicht (5a), die auf dem nitridierten Oxidfilm (4) so gebildet ist, daß sie in Kontakt mit dem nitridierten Oxidfilm (4) steht.
4. Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der nitridierte Oxidfilm (4) eine Dicke hat, die die Bildung eines ohmschen Kontakts zwischen der ersten leitenden Schicht (3) und der zweiten leitenden Schicht (5a) ermöglicht.
5. Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der nitridierte Oxidfilm (4) eine Dicke von höchstens 20 Å hat.
6. Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite leitende Schicht eine mit Dotierungsstoffen dotierte polykristalline Siliziumschicht (5a) aufweist, die auf dem nitridierten Oxidfilm (4) gebildet ist.
7. Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite leitende Schicht (5a) eine Silizidschicht (15), die auf der polykristallinen Siliziumschicht gebildet ist, aufweist.
8. Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitende Schicht ein in einer Hauptoberfläche eines Halbleitersubstrates (1) gebildetes Dotierungsgebiet (3) aufweist.
9. Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitende Schicht eine polykristalline Siliziumschicht

(23) aufweist.

10. Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der nitridierte Oxidfilm einen Silizium-/nitridierten Oxidfilm (4) aufweist.

11. Kontaktstruktur nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Silizium-/nitridierte Oxidfilm (4) eine Struktur von:

$$\text{SiO} \frac{x}{2} \text{N} \frac{4-x}{3} \quad (0 < x < 4)$$

hat.

12. Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung mit einer ersten leitenden Schicht (33), einer auf der ersten leitenden Schicht (33) so gebildeten ersten Isolierschicht (32), das sie eine erste Öffnung (32a) auf der ersten leitenden Schicht (33) aufweist,

einem ersten nitridierten Oxidfilm (34), der mindestens auf der ersten leitenden Schicht (33) in der ersten Öffnung (32a) gebildet ist,

einer auf dem ersten nitridierten Oxidfilm (34) gebildeten zweiten leitenden Schicht (35),

einer auf der zweiten leitenden Schicht (35) gebildeten zweiten Isolierschicht (32), die so gebildet ist, daß sie eine zweite Öffnung (32b) auf der zweiten leitenden Schicht (35) hat,

einem zweiten nitridierten Oxidfilm (36), der mindestens auf der zweiten leitenden Schicht (35) in der zweiten Öffnung (32b) gebildet ist, und einer auf dem zweiten nitridierten Oxidfilm gebildeten dritten leitenden Schicht (37).

13. Kontaktstruktur nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl der erste als auch der zweite nitridierte Oxidfilm (34, 36) eine Dicke hat, die die Bildung eines ohmschen Kontakts zwischen den leitenden Schichten unterhalb und oberhalb des ersten und des zweiten nitridierten Oxidfilmes ermöglicht.

14. Halbleiterspeichereinrichtung mit: einem Substrat (1) mit einer Hauptoberfläche, einem Paar von Dotierungsgebieten (3, 113), die Source- und Drain-Gebiete bilden und mit einem Abstand voneinander in der Hauptoberfläche des Substrates (1) angeordnet sind, wobei zwischen den Dotierungsgebieten ein Kanalgebiet gebildet ist, einer auf einem Gateisolierfilm (116) über dem Kanalgebiet liegenden Gateelektrode (118), einer Ladungsspeicher-kondensatorelektrode (115), die auf einer dielektrischen Kondensatorschicht (114) über einem des Paares von Dotierungsgebieten (113) liegt,

einer das Substrat (1) bedeckenden und eine Kontaktöffnung (2a), die das andere des Paares von Dotierungsgebieten (3) freilegt, enthaltenden Isolierschicht (2) und

einer Bitleitung (5a, 6), die über der Isolierschicht (2) liegt und über die Kontaktöffnung (2a) mit dem Dotierungsgebiet (3) in Kontakt steht, wobei die Bitleitung eine leitende Schicht (5a) in Kontakt mit dem Dotierungsgebiet (3) über einen dünnen Film (4) eines Materials, das das Wandern von Dotanden zwischen der leitenden Schicht (5a) und dem Dotierungsgebiet (3) unterdrückt, aufweist, wobei das Material von einer hinreichenden

Dicke ist, um einen ohmschen Kontakt zwischen der leitenden Schicht (5a) und dem Dotierungsgebiet (3) herzustellen.

15. Halbleiterspeichereinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der dünne Film des Materials ein nitridierter Oxidfilm (4) ist.

16. Halbleiterspeichereinrichtung mit einem Substrat (201) mit einer Hauptoberfläche, einem Paar von Dotierungsgebieten (203, 204), die ein Source- und ein Drain-Gebiet bilden, die mit einem Abstand voneinander in der Hauptoberfläche des Substrates (201) gebildet sind, wobei zwischen den Dotierungsgebieten (203, 204) ein Kanalgebiet gebildet ist,

einer auf einem Gateisolierfilm (206) über dem Kanalgebiet liegenden Gateelektrode (207), einer mit einem (203) des Paares von Dotierungsgebieten in Kontakt stehenden Ladungsspeicherkondensatorelektrode (211), einer das Substrat (201) bedeckenden und eine Kontaktöffnung, die das andere (204) des Paares von Dotierungsgebieten freilegt, enthaltenden Isolierschicht (213) und einer Bitleitung (208, 209), die über der Isolierschicht (213) liegt und über die Kontaktöffnung in Kontakt mit dem Dotierungsgebiet (204) steht, wobei die Kondensatorelektrode eine leitende Schicht (211) in Kontakt mit dem Dotierungsgebiet (203) über einen dünnen Film (210) eines Materials aufweist, der das Wandern von Dotanden zwischen der leitenden Schicht (211) und dem Dotierungsgebiet (203) unterdrückt, wobei das Material (210) von hinreichender Dicke ist, um einen ohmschen Kontakt zwischen der leitenden Schicht (211) und dem Dotierungsgebiet (203) herzustellen.

17. Halbleiterspeichereinrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der dünne Film ein nitridierter Oxidfilm (210) ist.

18. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktstruktur zwischen einer ersten und einer zweiten leitenden Schicht in Kontakt miteinander in einer Halbleitereinrichtung mit den Schritten:

Ausbilden eines Oxidfilmes (8; 305) auf der ersten leitenden Schicht (1; 301);
Bearbeiten des Oxidfilmes (8; 305), um einen bearbeiteten Oxidfilm (4; 306) aus einem Material zu erzeugen, das das Wandern von Dotierungsstoffen hemmt, und mit einer Dicke, die zur Ausbildung eines ohmschen Kontaktes ausreicht, und
Bilden der zweiten leitenden Schicht (5) in Kontakt mit der ersten leitenden Schicht über die bearbeitete Oxidschicht.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Bearbeitens des Oxidfilmes (8; 305) zur Erzeugung eines bearbeiteten Oxidfilmes (4; 306) den Schritt des Nitridierens des Oxidfilmes zur Erzeugung eines nitridierten Oxidfilmes aufweist.

20. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktstruktur nach Anspruch 18 oder 19 mit den Schritten:
Bilden einer ersten leitenden Schicht (3),
Bilden einer Isolierschicht (2) mit einer Öffnung (2a) auf der ersten leitenden Schicht (3),
Bilden eines Oxidfilmes (8) auf der ersten leitenden Schicht (3) in der Öffnung,
Bilden eines nitridierten Oxidfilmes (4) durch Nitridieren des Oxidfilmes (8) und
Bilden einer zweiten leitenden Schicht (5a) auf dem nitridierten Oxidfilm (8).

21. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktstruktur nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Oxidfilm (8) einen natürlichen Oxidfilm aufweist.

22. Kontaktstruktur zwischen zwei leitenden Schichten in einer Halbleitereinrichtung; nach einem der Ansprüche 3 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der nitridierte Oxidfilm eine Dicke hat, die es gewährleistet, daß die erste leitende Schicht (3) und die zweite leitende Schicht (5a) in ohmschem Kontakt miteinander stehen.

23. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktstruktur nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der nitridierte Oxidfilm (4) eine Dicke von höchstens von 20 Å hat.

24. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktstruktur nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Bildens des natürlichen Oxidfilmes (8) dadurch ausgeführt wird, daß die Oberfläche der ersten leitenden Schicht (3) in der Öffnung (2a) Luft bei Normaltemperatur und Normaldruck ausgesetzt wird.

25. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktstruktur nach einem der Ansprüche 18 bis 21, 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Bearbeitens des Oxidfilmes (8) einen Schritt des thermischen Nitridierens des Oxidfilmes in einer stickstoffhaltigen Atmosphäre aufweist.

26. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktstruktur nach einem der Ansprüche 18 bis 21 oder 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Bearbeitens des Oxidfilmes (8) einen Schritt des thermischen Nitridierens des Oxidfilmes in einer Ammoniakgas(NH₃)-Atmosphäre bei einer Temperatur von mindestens 700°C von etwa 30 sec. aufweist.

27. Halbleitereinrichtung mit einer ersten leitenden Schicht (301), einer zweiten leitenden Schicht (305) in Kontakt mit der ersten leitenden Schicht (301) und einer Stickstoffatome (N) enthaltenden Schicht, die in einem Kontaktabschnitt (303b) zwischen der ersten leitenden Schicht (301) und der zweiten leitenden Schicht (305) gebildet ist.

28. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung mit einem Aufbau, bei dem eine erste leitende Schicht und eine zweite leitende Schicht in Kontakt miteinander sind, mit den Schritten:
Bilden eines natürlichen Oxidfilmes (305) auf der ersten leitenden Schicht (301),
Nitridieren des natürlichen Oxidfilmes (305) zur Bildung eines nitridierten Oxidfilmes (306),
Entfernen des nitridierten Oxidfilmes (306) und
Bilden der zweiten leitenden Schicht.

Hierzu 26 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 2

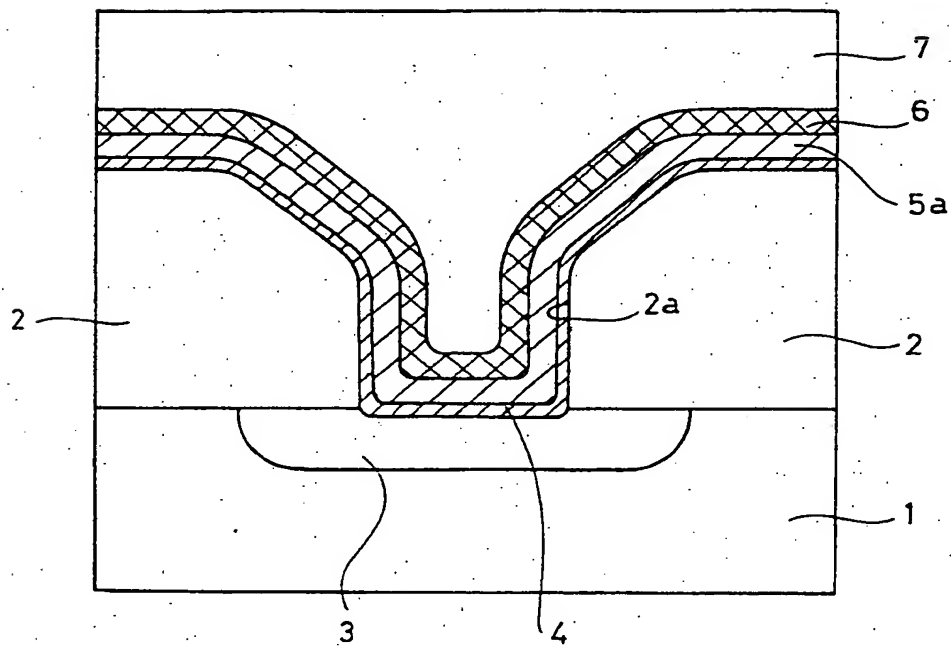


FIG. 1

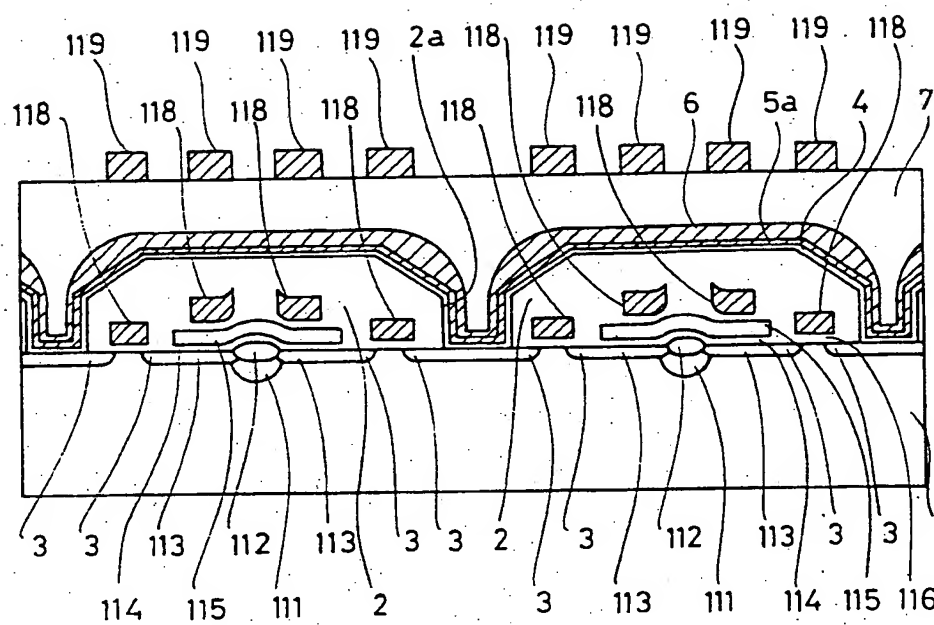


FIG. 3

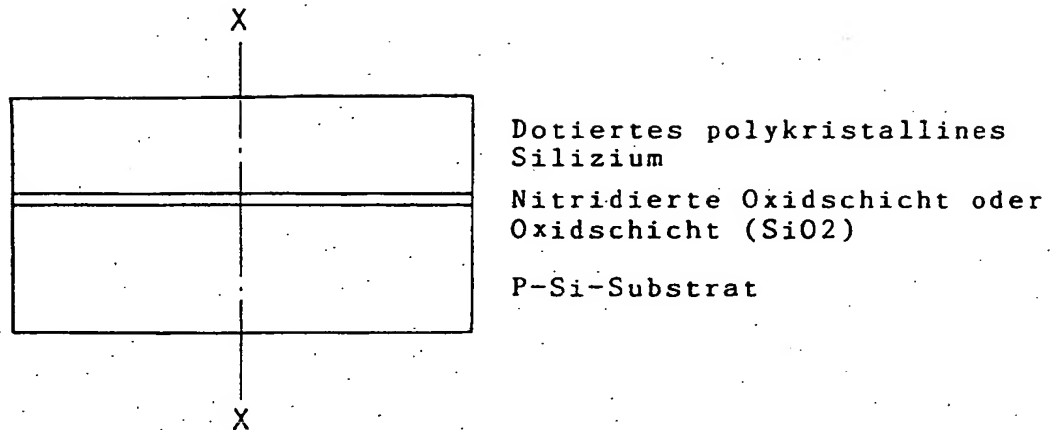


FIG. 4

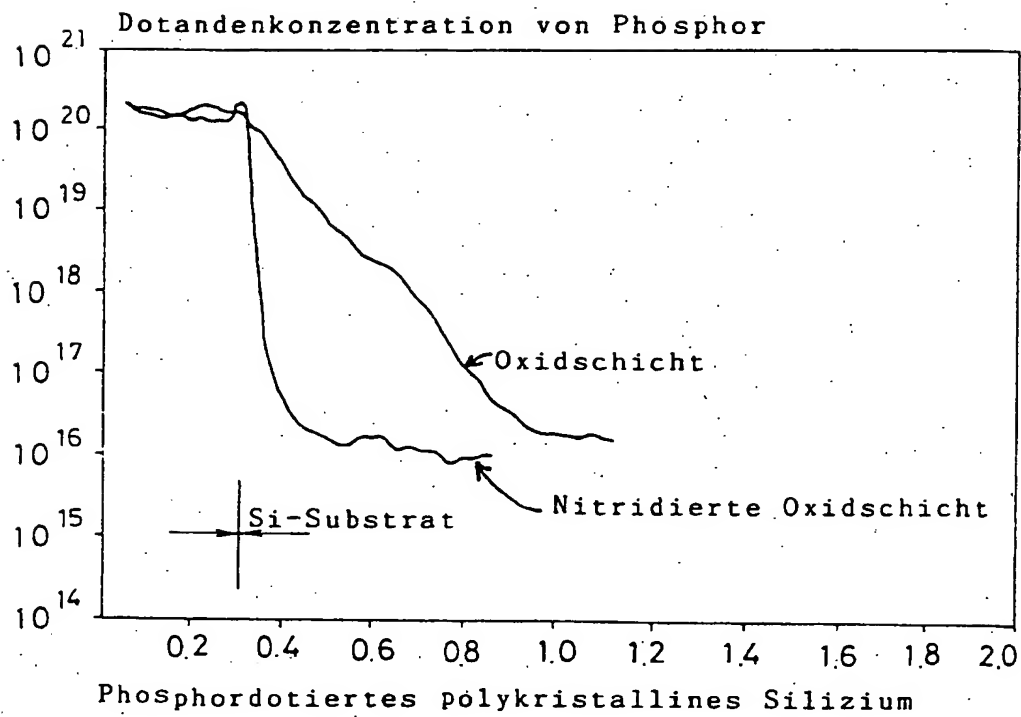


FIG. 5

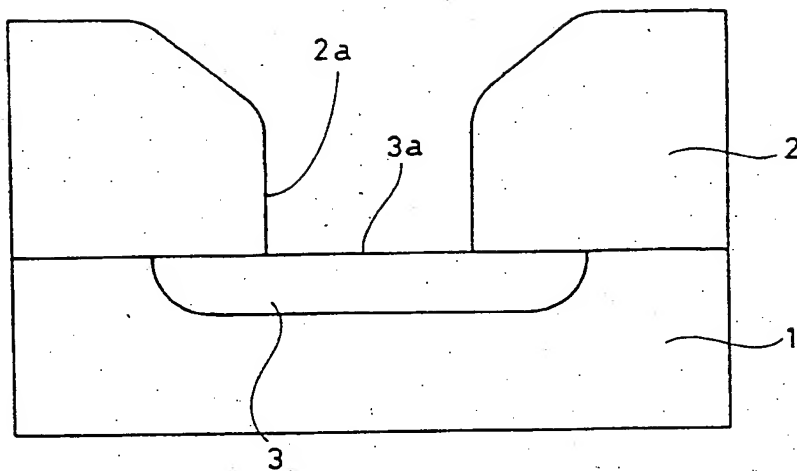


FIG. 6

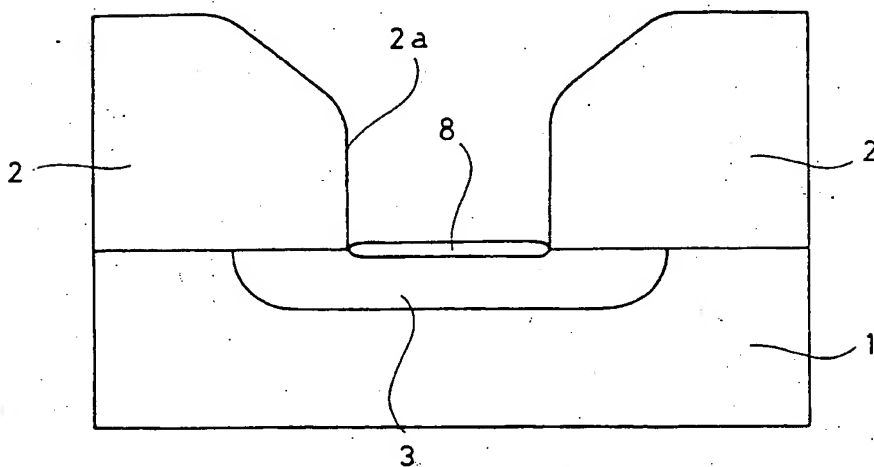


FIG. 7

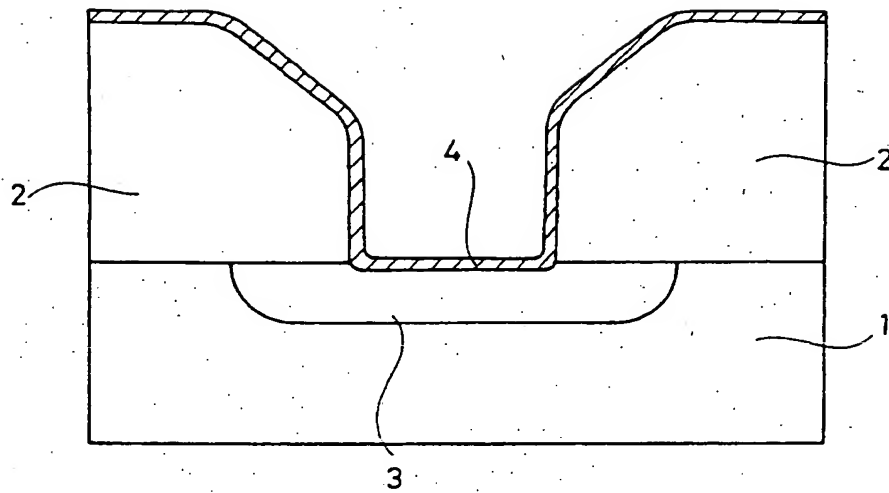


FIG. 8

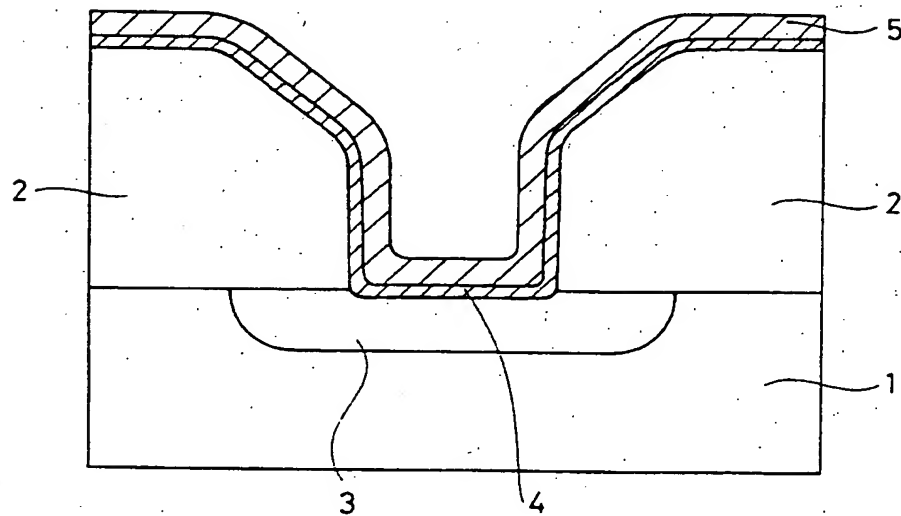


FIG. 9

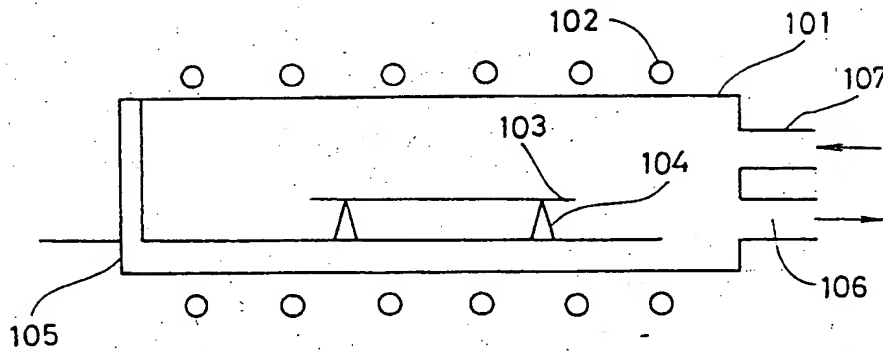


FIG. 10

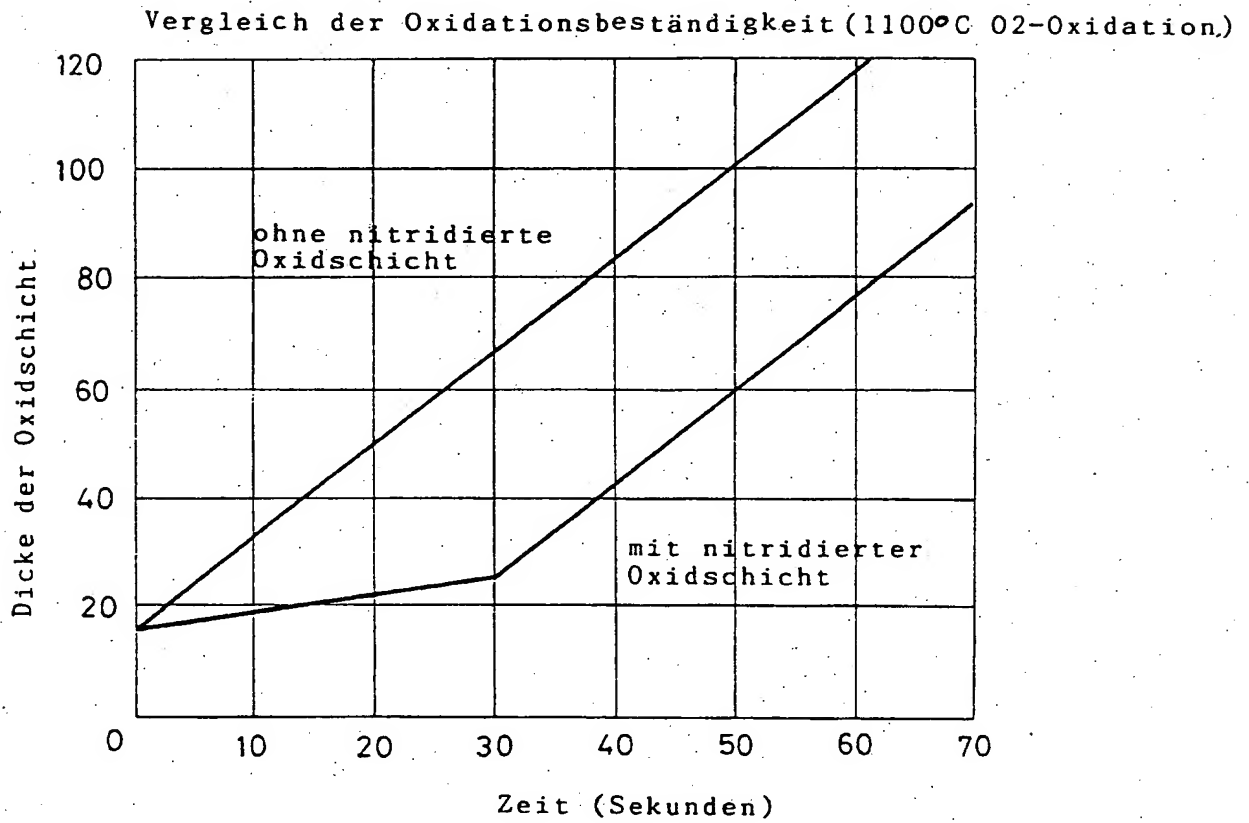


FIG. 11

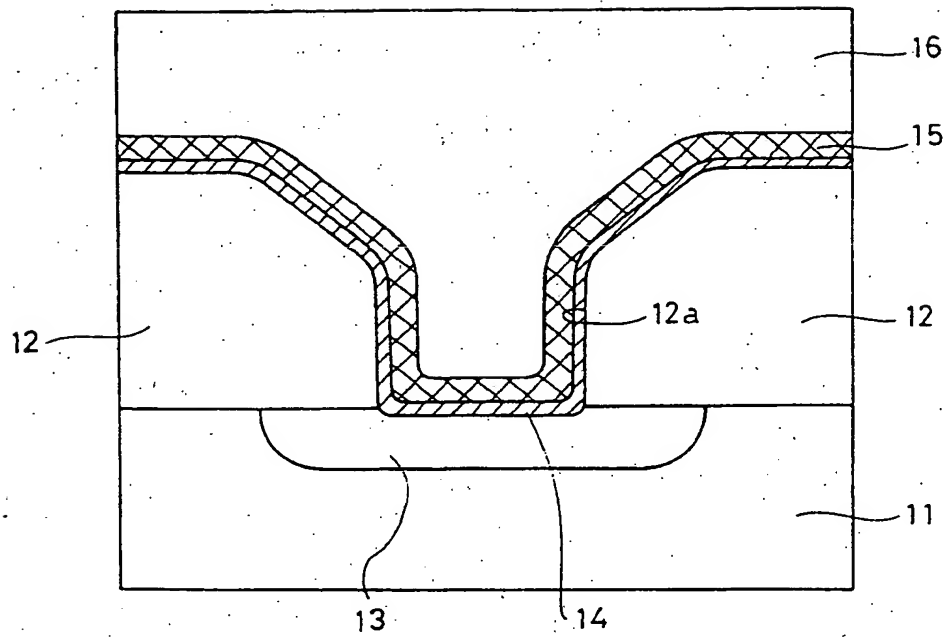


FIG. 12

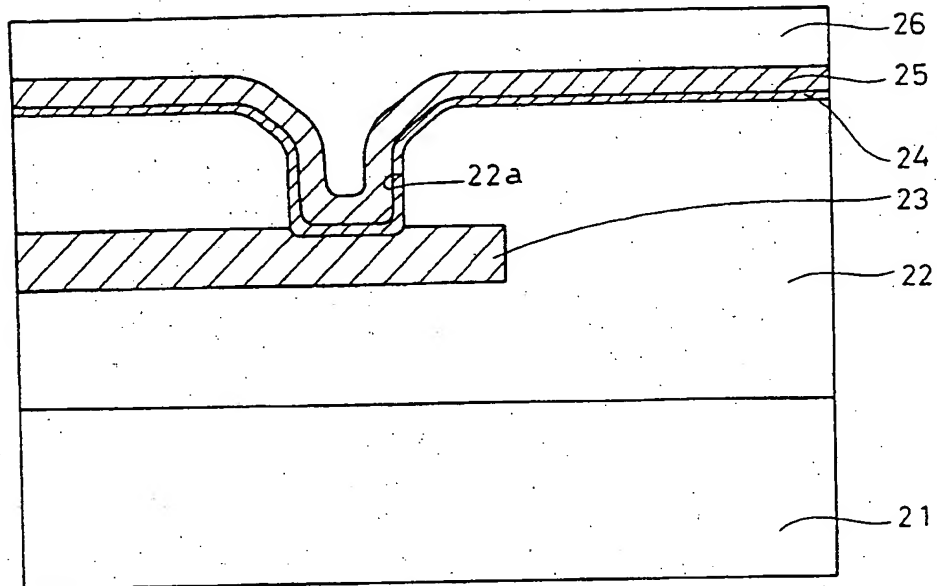


FIG. 13

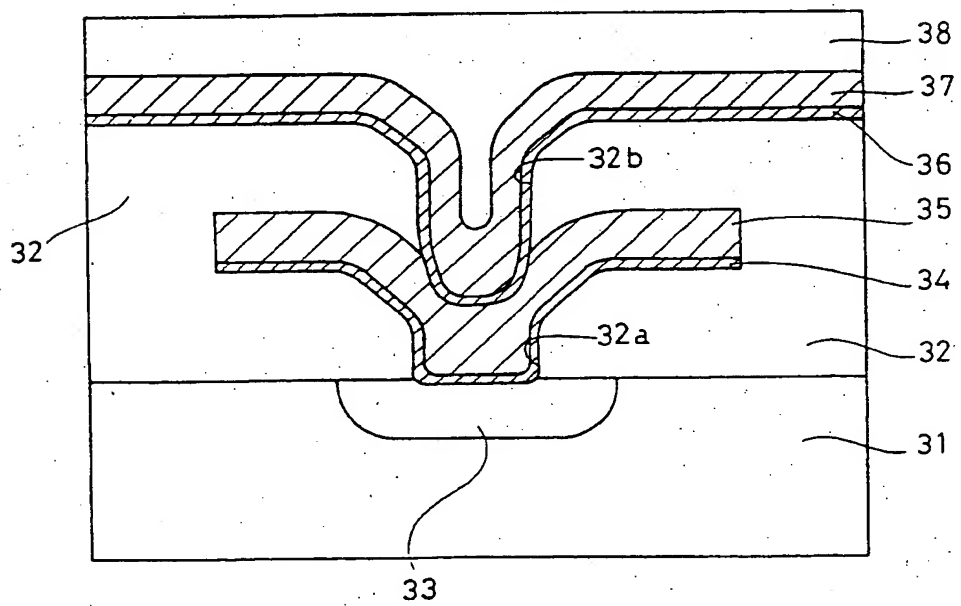


FIG. 14

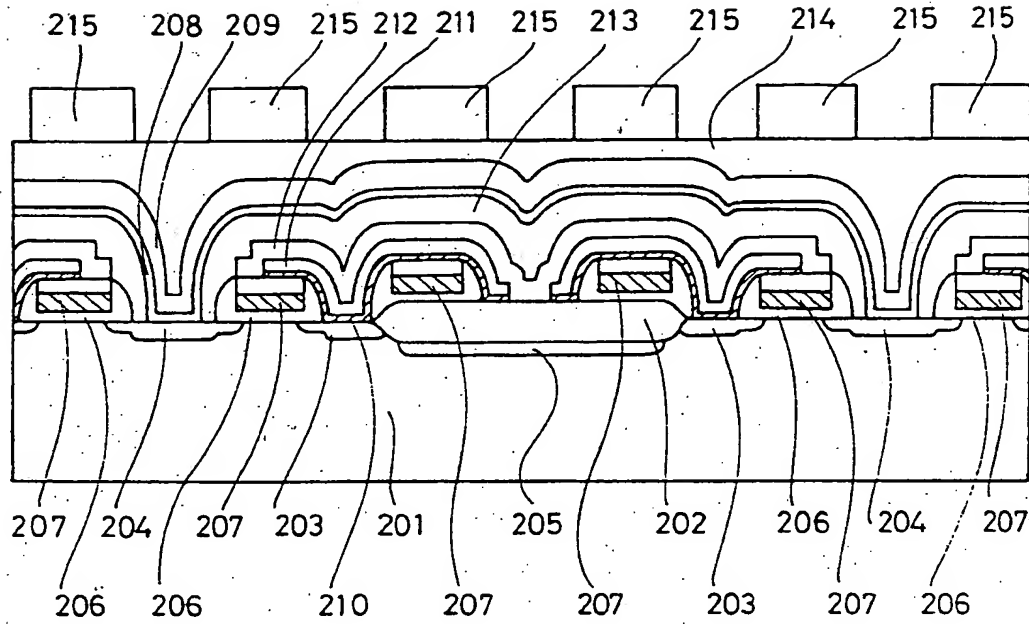


FIG. 15

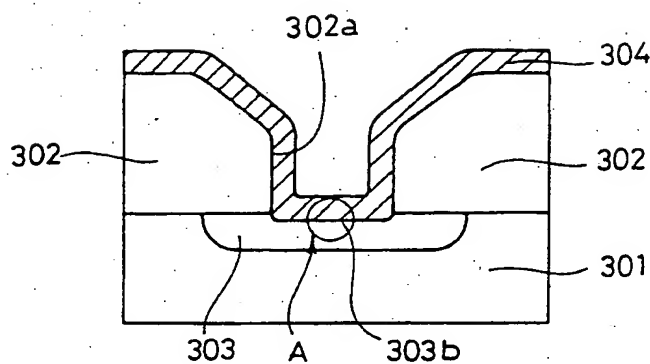


FIG. 16

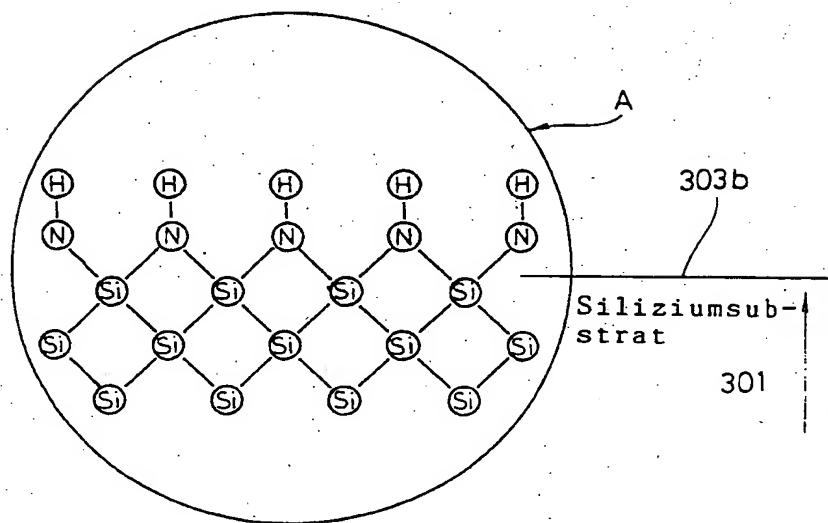


FIG. 17

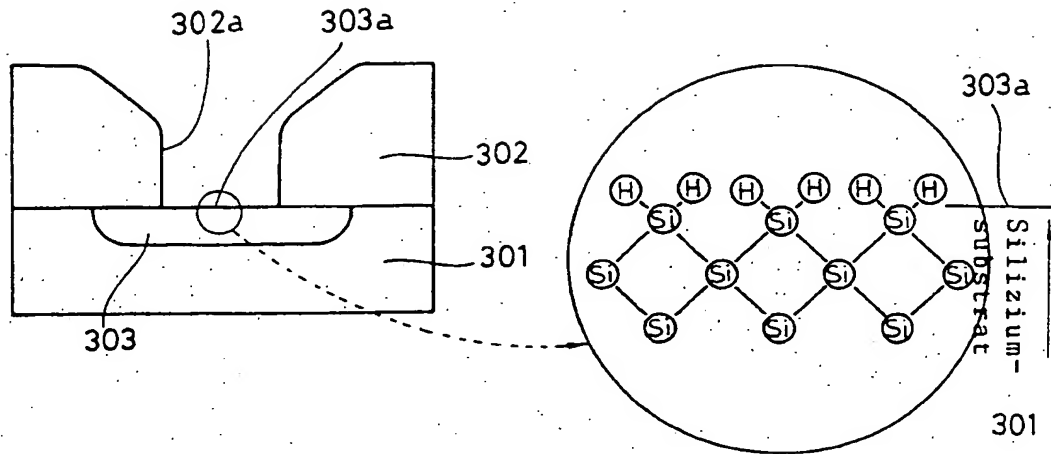


FIG. 18

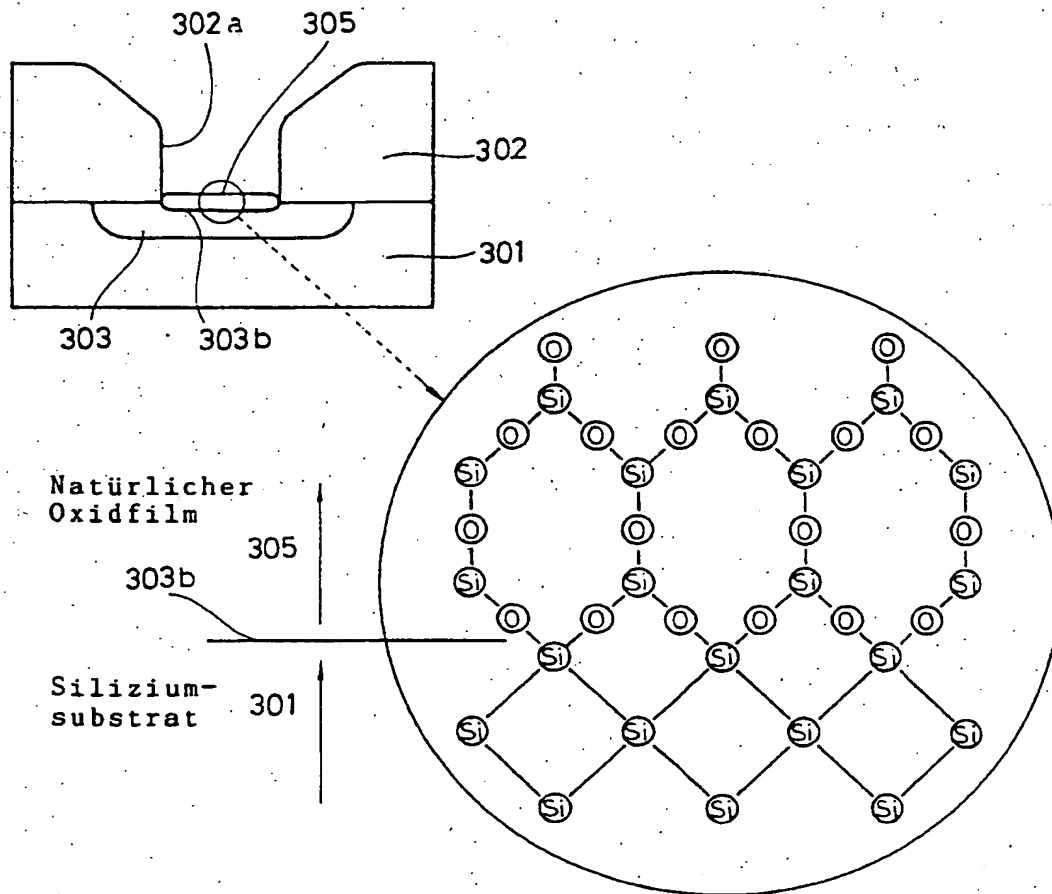


FIG. 19

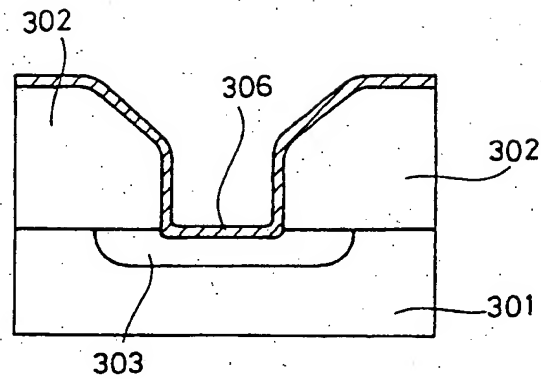


FIG. 20

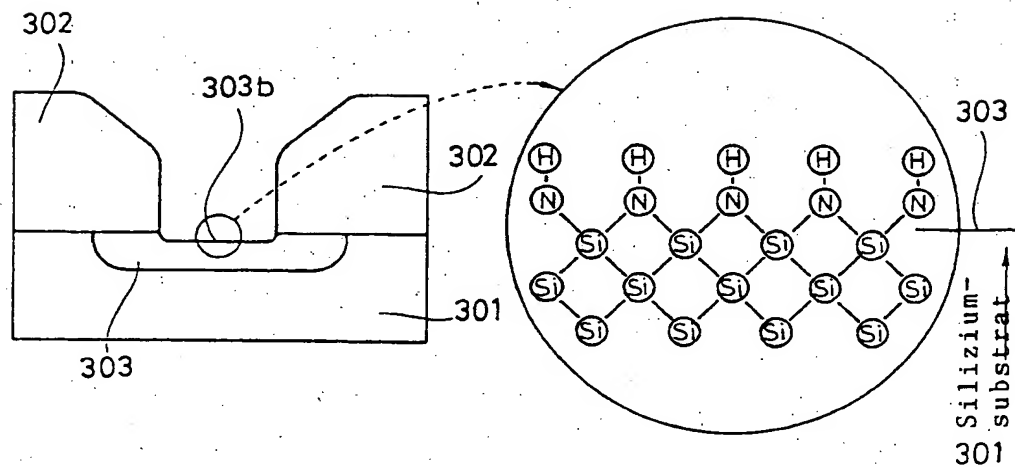


FIG. 21

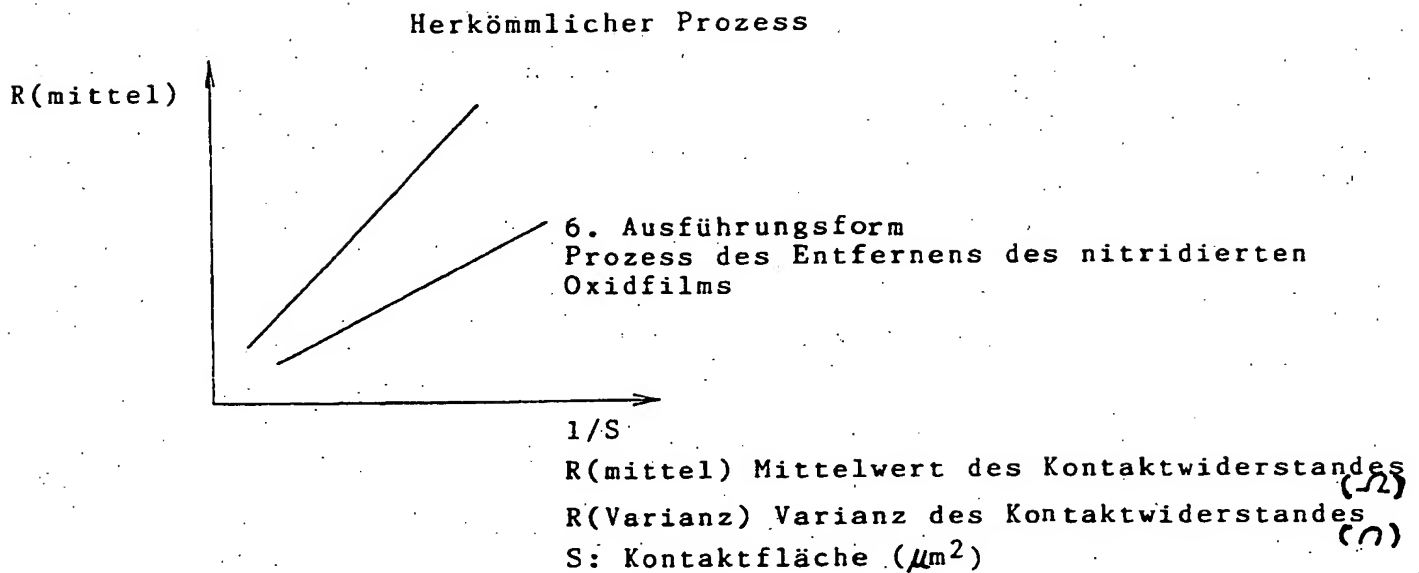


FIG. 22

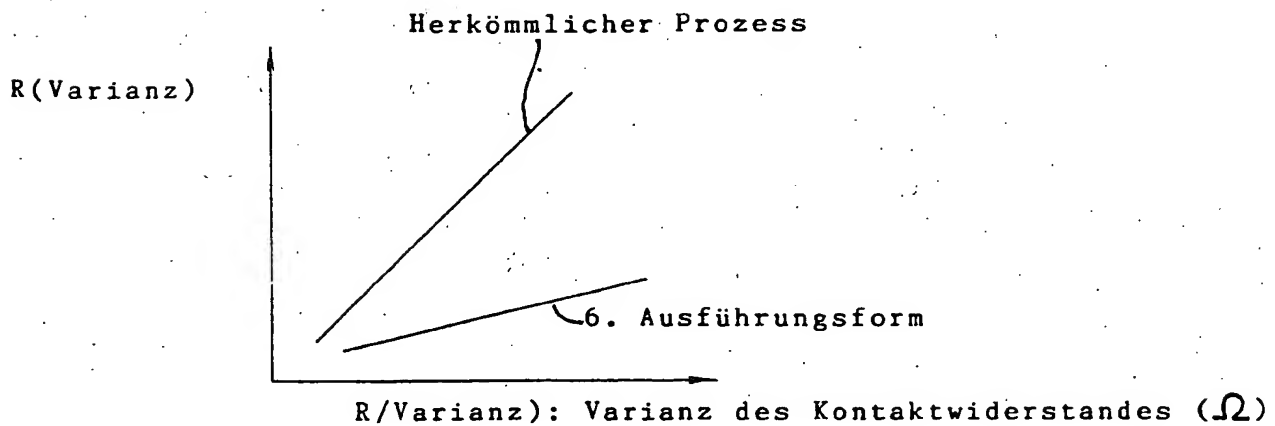


FIG. 23

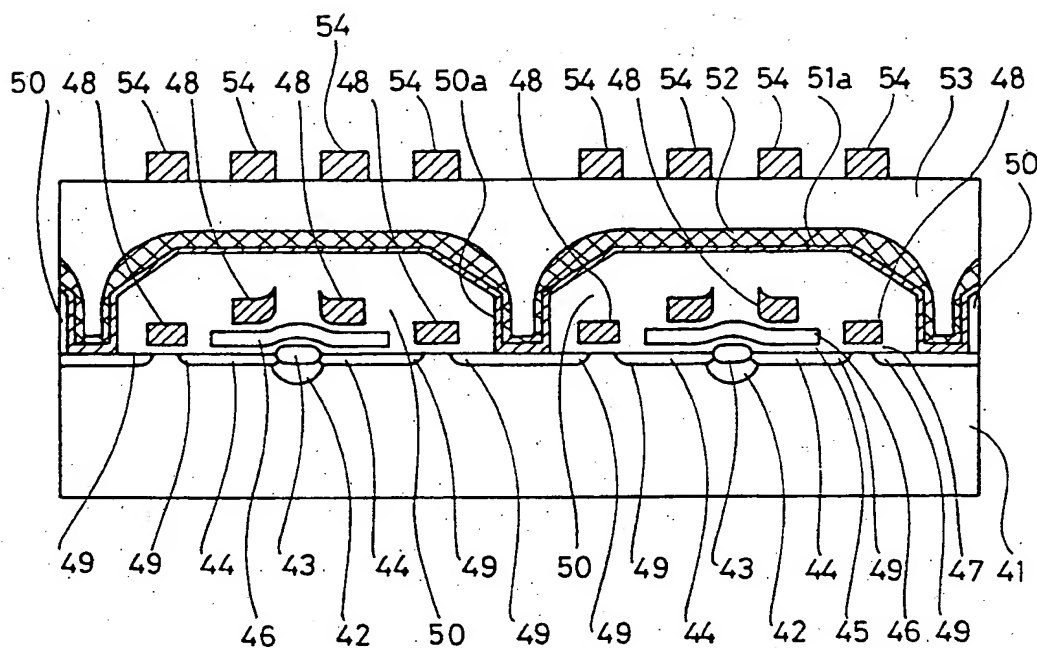


FIG. 24

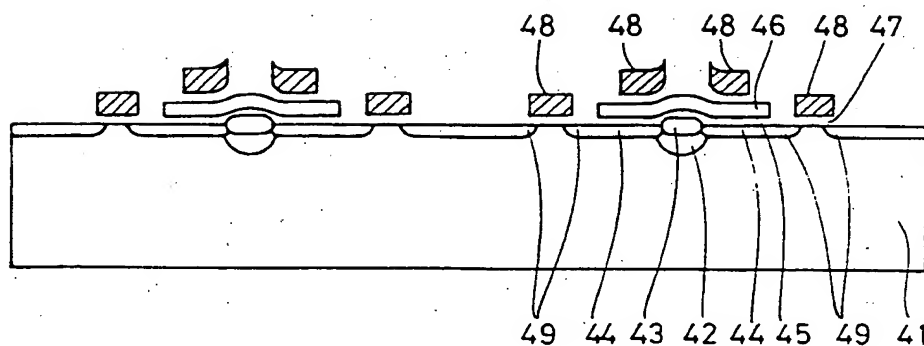


FIG. 25

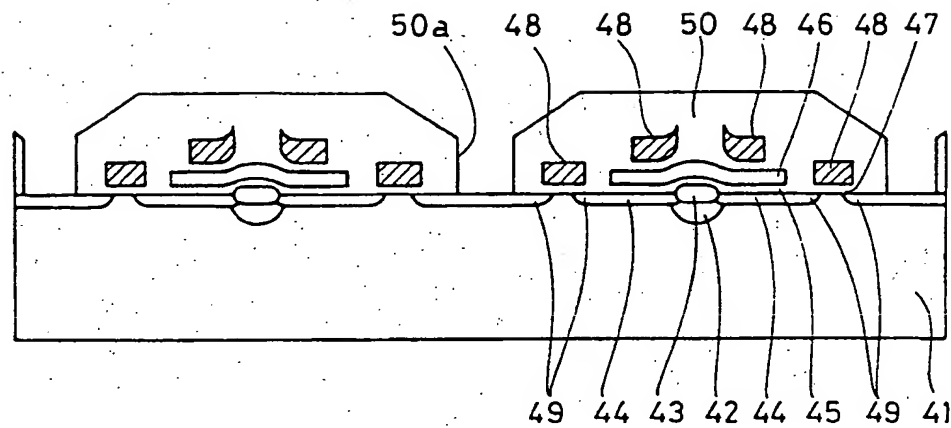


FIG. 26

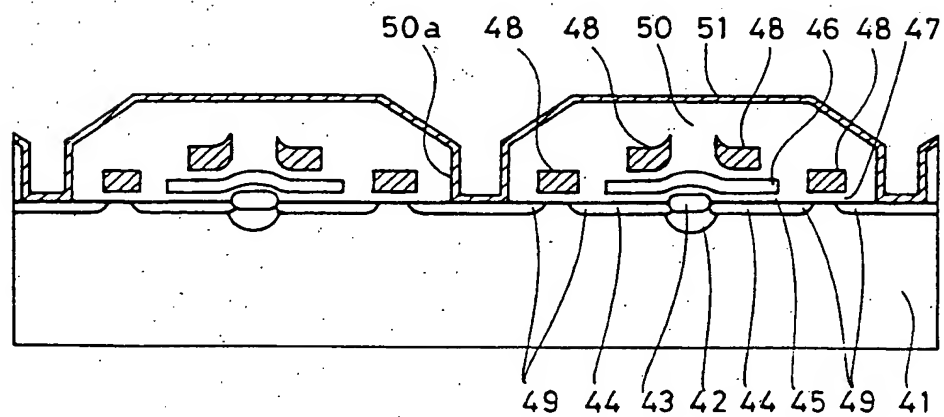


FIG. 27

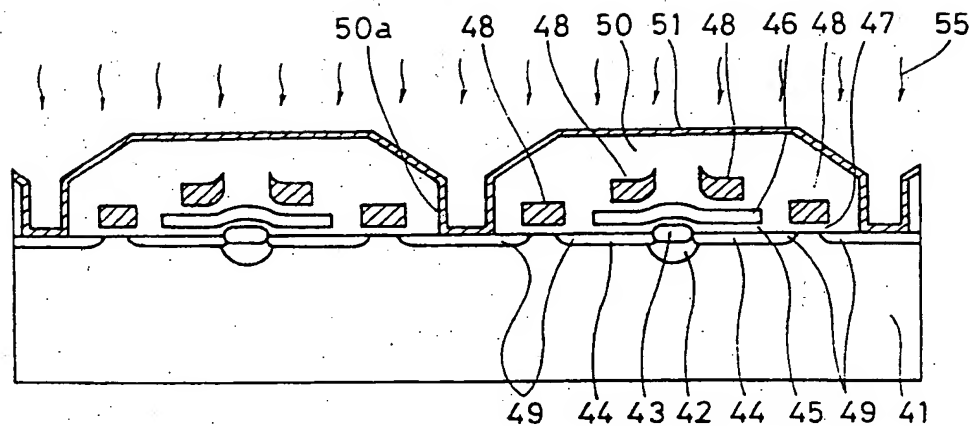


FIG. 28

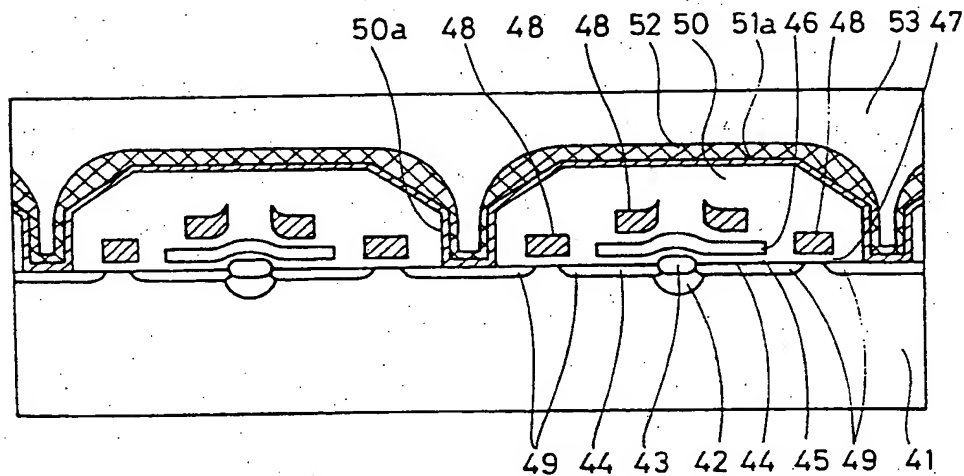


FIG. 29

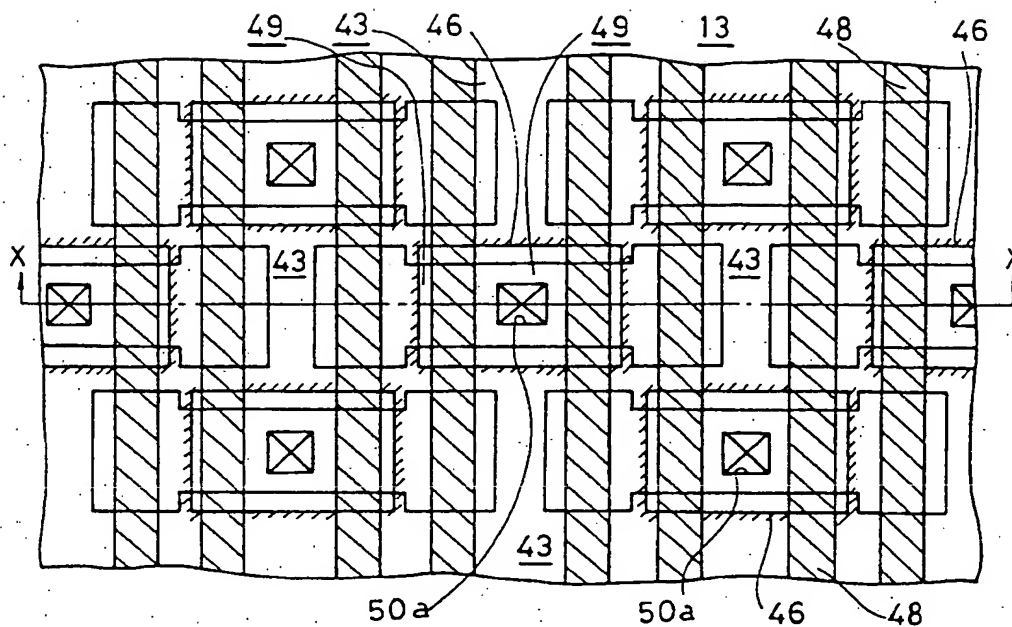


FIG. 30

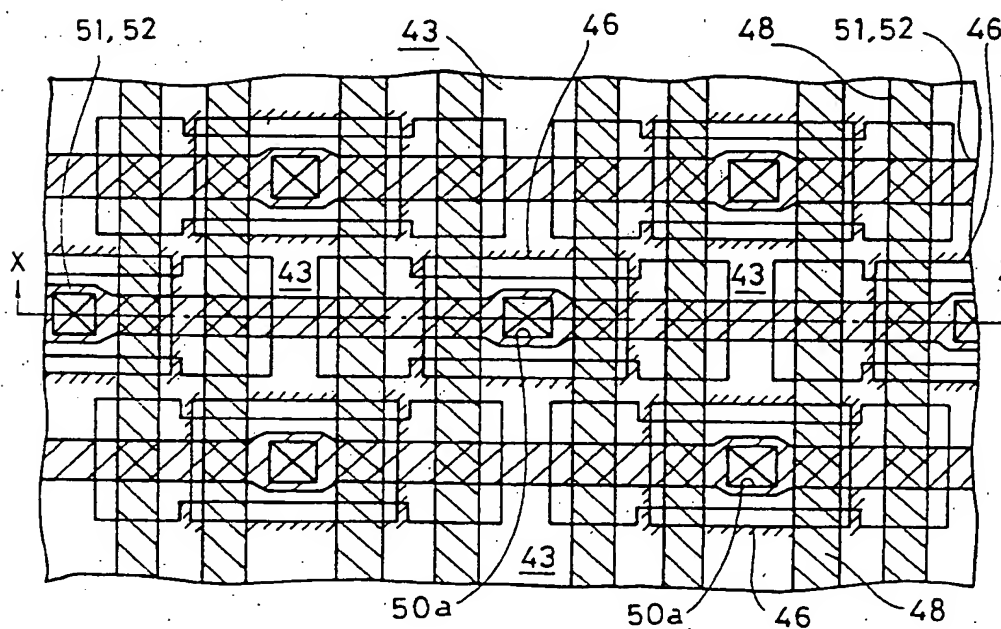


FIG. 31

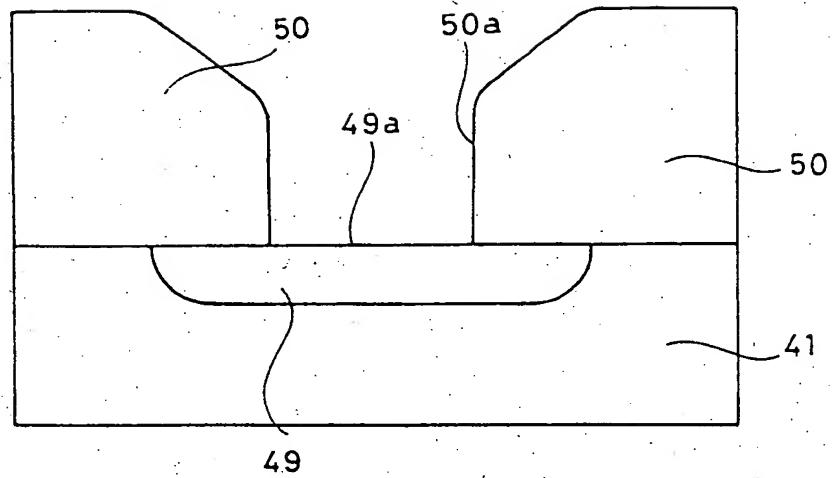


FIG. 32

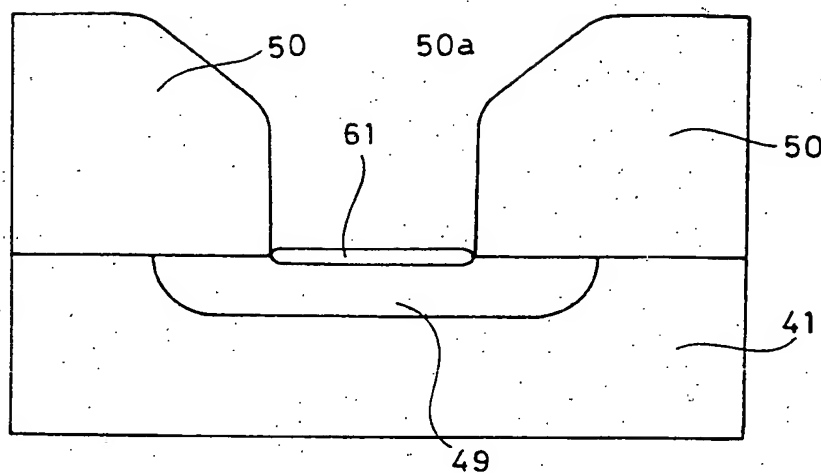


FIG. 33

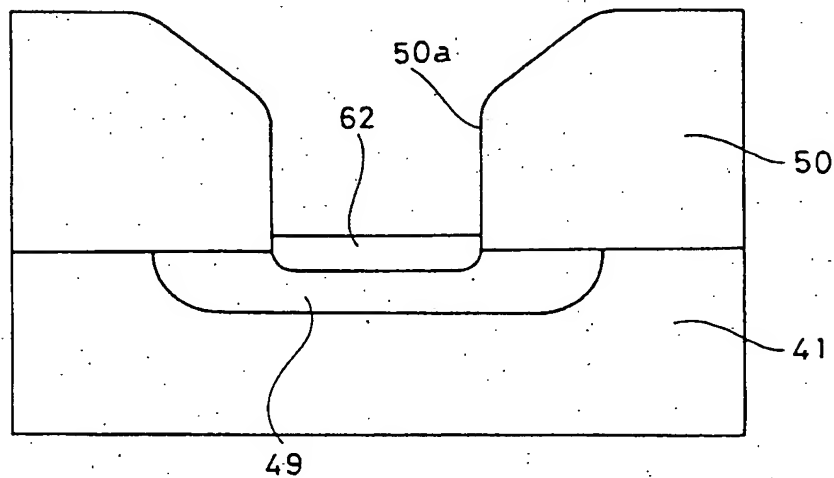


FIG. 34

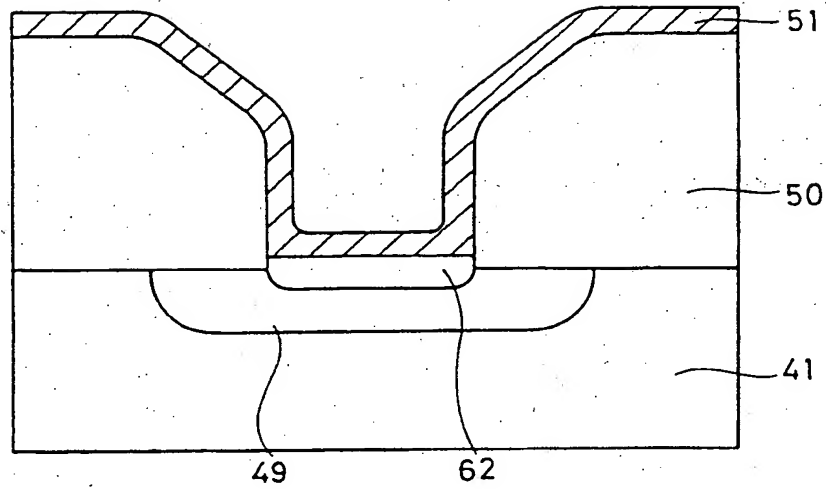


FIG. 35

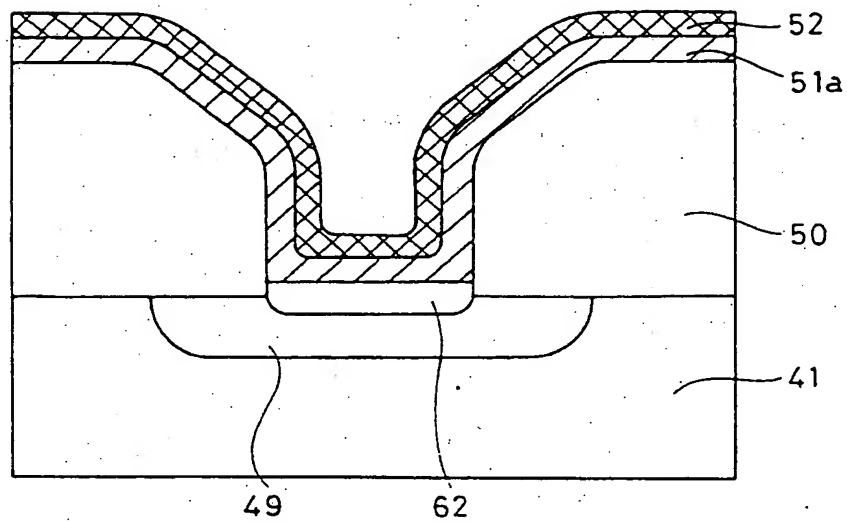


FIG. 36

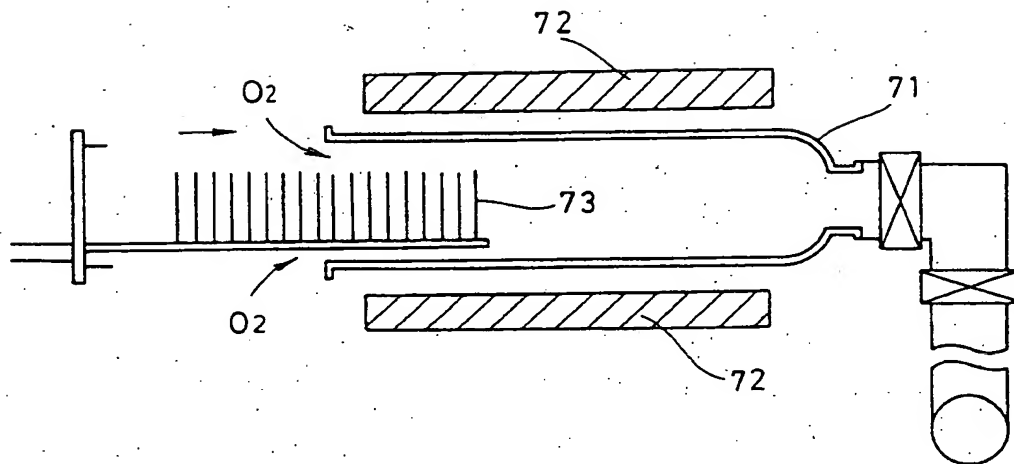


FIG. 37

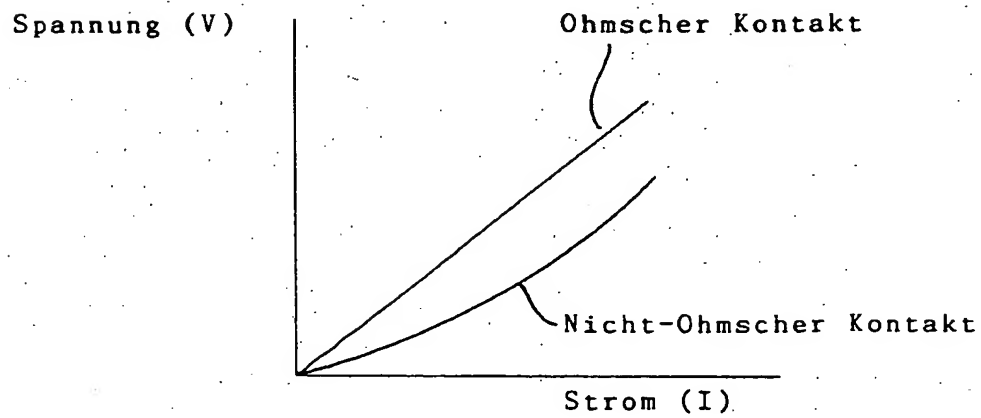


FIG. 38

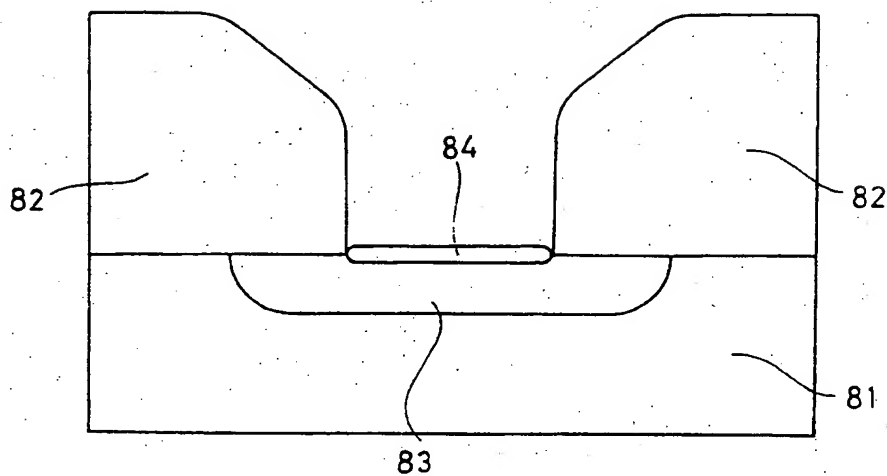


FIG. 39

Entfernen der natürlichen Oxidschicht(im Vakuum)

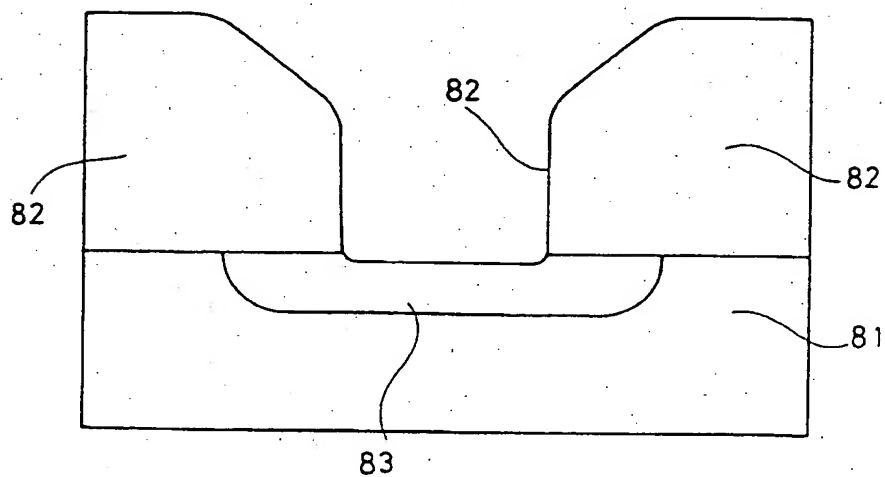


FIG. 40

CVD-Abscheidung (im Vakuum)

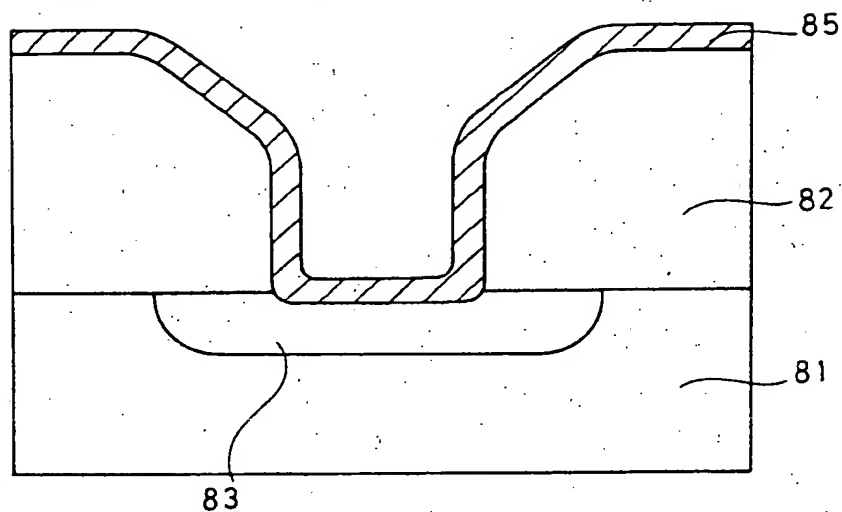


FIG. 41

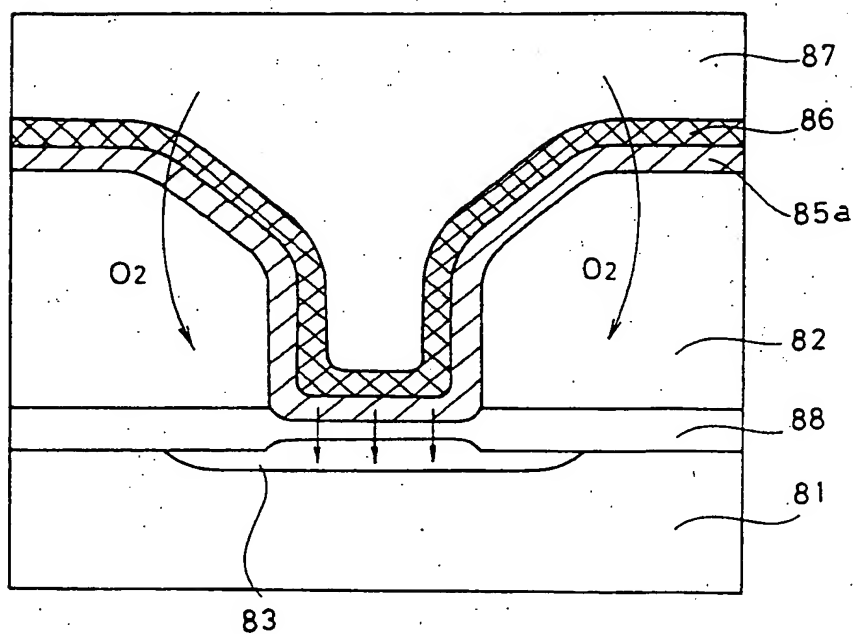


FIG. 42

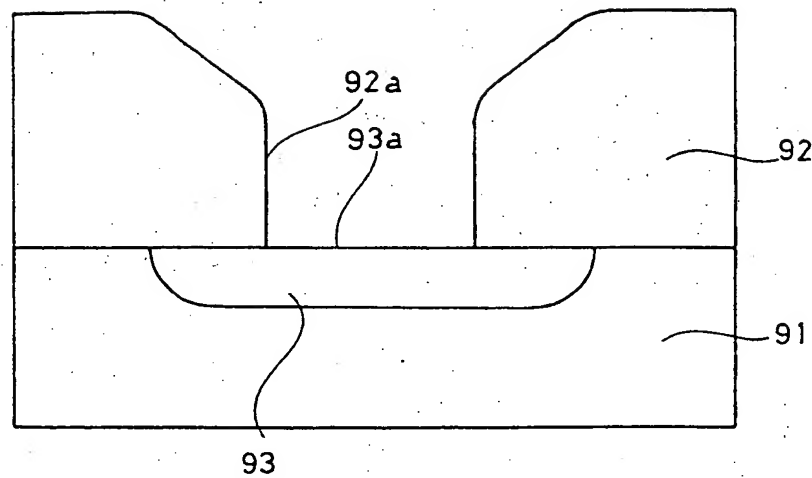


FIG. 43

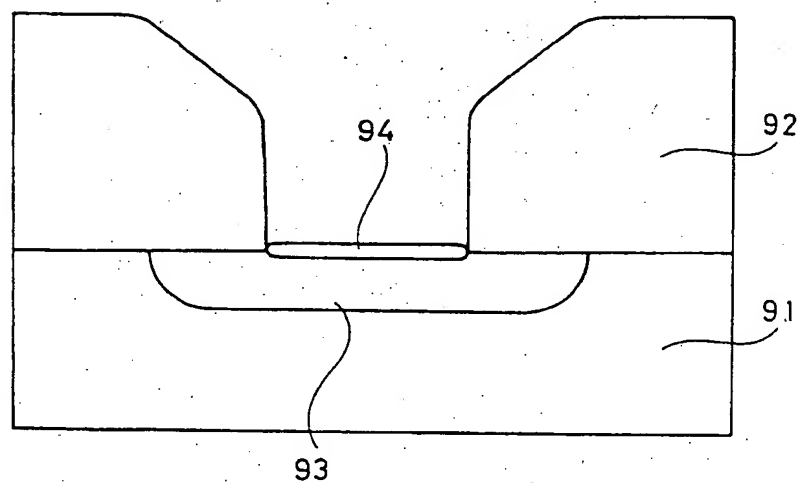


FIG. 44

Sputter-Ätzen

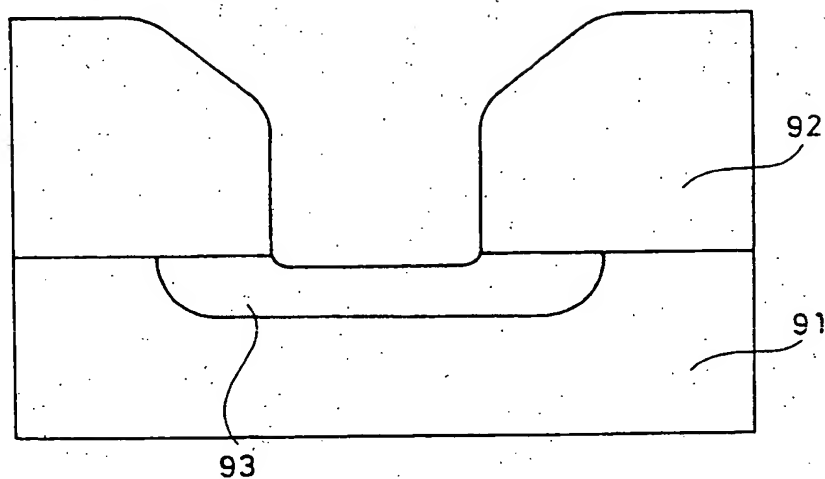


FIG. 45

Sputtern

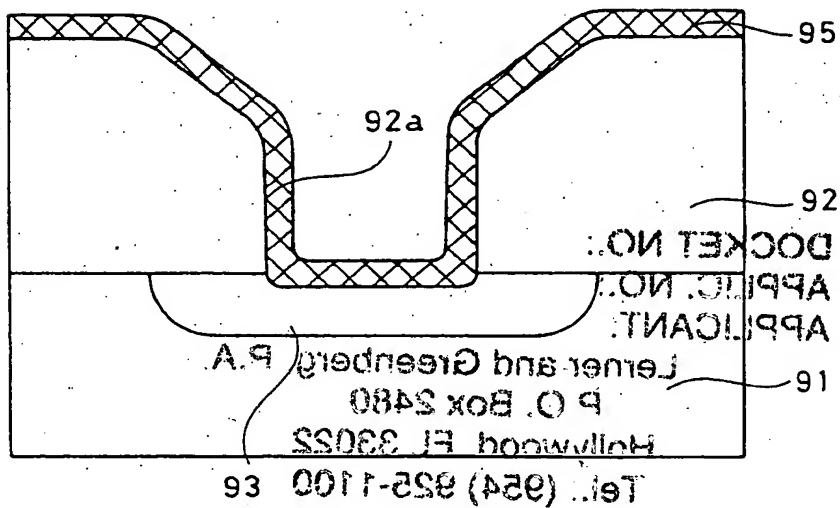
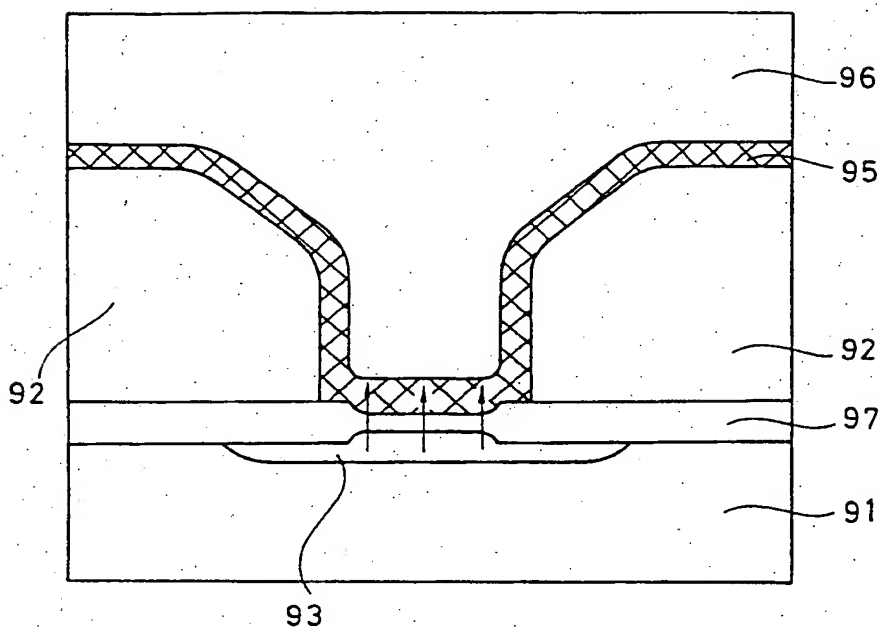


FIG. 46



DOCKET NO.: P2002, 0952
 APPLIC. NO.:
 APPLICANT: Christoph Ludwig
 Lerner and Greenberg, P.A.
 P.O. Box 2480
 Hollywood, FL 33022
 Tel.: (954) 925-1100